

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
CENTRO TECNOLÓGICO - CTC
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DA
GESTÃO DOS DEJETOS NA SUINOCULTURA NA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CORUJA/BONITO EM BRAÇO DO
NORTE/SC**

Alessandro Viveiros Gomes

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
JULHO/2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
CENTRO TECNOLÓGICO - CTC
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVES DA
GESTÃO DOS DEJETOS NA SUINOCULTURA NA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CORUJA/BONITO EM BRAÇO DO
NORTE/SC**

Alessandro Viveiros Gomes

**Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina para
Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental**

Orientador

Prof. Dr. Paulo Belli Filho

**FLORIANÓPOLIS, SC
JULHO/2009**

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Centro Tecnológico - CTC
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - ENS

**POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVES DA GESTÃO DOS
DEJETOS NA SUINOCULTURA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
CORUJA/BONITO EM BRAÇO DO NORTE/SC**

Alessandro Viveiros Gomes

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos
para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária-
Ambiental**

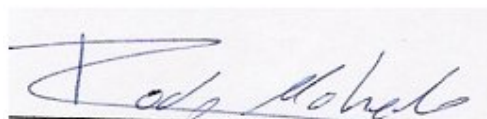
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Paulo Belli Filho
(Orientador)



Prof. Dr. Sérgio Roberto Martins
(Membro Banca)



Biólogo M.Sc. Rodrigo Mohedano
(Membro Banca)

FLORIANÓPOLIS, SC
JULHO/2009

AGRADECIMENTOS

Venho expressar meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor Doutor Paulo Belli Filho, que me orientou na elaboração desse trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, pelo conhecimento e aprendizado.

Aos mestres que iluminaram meu caminho, com sábias palavras nos momentos de reflexão.

Ao amigo Hugo Gosmann, pelo incentivo.

Aos meus amigos, pela convivência.

Aos funcionários do departamento e Universidade.

Em especial a minha irmã Julianna, meu pai Luiz Carlos de Aguiar Gomes e minha mãe Neide Viveiros Gomes, pelo amor, carinho, incentivo e pela ajuda em todos os anos de curso.

RESUMO

A poluição resultante da suinocultura tem gerado sérios problemas ambientais, principalmente relacionados à poluição hídrica, devido à alta carga orgânica e presença de coliformes fecais. Além disso, há emissão de gases que contribuem para o efeito estufa (GEE).

Na área de 5.200 hectares compreendida pela sub-bacia do Rio Coruja/Bonito no município de Braço do Norte, concentra-se a maior população de suínos do país e a segunda maior concentração mundial. Conforme Levantamento Agropecuário Catarinense 2006, um plantel estimado de 69.000 animais, distribuídos em 63 granjas de suínos, com densidade de 1.327 animais por km².

O presente trabalho visa analisar a potencialidade de produção de metano (CH₄) resultante da digestão anaeróbia para tratamento de dejetos suínos e a geração de energia elétrica e calorífica por meio do uso do biogás, na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito em Braço do Norte/SC.

Avaliamos as possibilidades de recuperação e uso energético do biogás produzido por meio do processo de digestão anaeróbia de dejetos suínos, considerando a hipótese de tratamento de todos os dejetos suínos gerados pelas propriedades rurais localizadas na sub-bacia hidrográfica, integrando o uso sustentável dos recursos naturais renováveis com o uso racional e eficiente de energia.

Verificamos o potencial expressivo de geração de energia, ocioso na sub-bacia hidrográfica do Rio Coruja/Bonito, com projeção da capacidade instalada que varia de 5,2 MW a 7,7 MW para tratamento descentralizado. Considerando uma residência padrão com consumo de 300 kW/mês, pode-se alimentar entre 528 até 774 residências com a energia gerada. Para o tratamento centralizado a capacidade instalada pode variar de 9,7 MW a 14,3 MW, podendo fornecer energia elétrica para um conjunto de residências que varia de 970 a 1.430 residências.

PALAVRAS-CHAVE: Suinocultura, Energia renovável, Digestão anaeróbica, Biogás.

ABSTRACT

The pollution resulting from pig raising has created many serious environment problems, mainly the ones related to water pollution due to the biggest organic loading and the presence of fecal coliforms. Besides, there is the gas emission that contribute to the greenhouse effect.

In the area of 5,200 hectares surrounded by the area of Rio Coruja/Bonito in Braço do Norte-SC, there is the largest population of pigs in the country and the second largest in the world. According to 2006 Levantamento Agropecuário Catarinense, an estimated raising of 69,000 animals, distributed into 63 pig farms, 1,327 animals per kilometer square.

The present essay tries to analyze the potential of methane gas production (CH₄) resulting from the anaerobic digestion to the treatment of pig manure and the generation of electric energy from the biogas use in the Rio Coruja/Bonito Area in Braço do Norte- SC.

We have evaluated the possibilities of recovering and the energetic use of biogas produced by the process of anaerobic digestion of pig manure, considering the treatment hypothesis of all the pig manure generated by the rural owners located in that area, connecting the sustainable use of renewable natural resources with the rational and efficient use of energy.

We have checked the expressive potential of generation of energy, empty in the area of Rio Coruja/Bonito, with the projection of the installed capacity that varies from 5,2 MW to 7,7 MW for the not centered treatment. Considering a standard residence that usually consumes 300KW per month, the generated energy can feed between 528 up to 774 houses. For the centralized treatment the installed capacity may vary from 9,7MW to 14,3MW, being able to provide electrical energy to a group of houses that varies from 970 up to 1.430 residences.

KEY-WORDS: Pig Raising, Renewable Energy, Anaerobic Digestion, Biogas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz energética Nacional.....	14
Figura 2 – Croqui de orientação para localização das instalações suinícolas em relação às distâncias definidas pela legislação ambiental e sanitária.....	20
Figura 3 – Esquema de uma bioesterqueira.....	21
Figura 4 – Biodigestor Modelo Indiano.....	23
Figura 5 – Corte frontal do Biodigestor / Projeto ENS – UFSC.....	25
Figura 6 – Biodigestor / Projeto ENS – UFSC.....	25
Figura 7 – Lagoas anaeróbias cobertas.....	26
Figura 8 – Representação esquemática do processo de digestão anaeróbia.....	31
Figura 9 – Unidade de tratamento Centralizada e Industrial.....	35
Figura 10 – Localização da sub-bacia do Rio Coruja/Bonito, área de estudo.....	38
Figura 11 – Uso do solo na sub-bacia Rio Coruja/Bonito.....	43
Figura 12 – Efetivo de suínos na área de estudo.....	46
Figura 13 – Tipos de produção de suínos na Sub-Bacia do Rio Coruja/Bonito.....	48
Figura 14 – Esterqueira construída inadequadamente, sem impermeabilização.....	50
Figura 15 – Esterqueira construída em alvenaria.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Efetivo de suínos, segundo as Mesorregiões, as Microrregiões e alguns Municípios do Estado de Santa Catarina, em 2006.....	17
Tabela 2 – Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos....	27
Tabela 3 – Caracterização dos dejetos suínos por diversos autores.....	27
Tabela 4 – Características físico-químicas dos dejetos de suínos na fase de crescimento e terminação, observadas na região Oeste de Santa Catarina.....	27
Tabela 5 – Composição média dos constituintes do Biogás.....	32
Tabela 6 – Variação do Poder calorífico em relação à composição do biogás.....	32
Tabela 7 – Potencial de geração de biogás a partir de diferentes resíduos orgânicos animais.....	33
Tabela 8 – Média e desvio padrão da produção de biogás e de CH ₄ , em função de DQO e Sólidos Voláteis removidos.....	33
Tabela 9 – Consumo de biogás e comparativo com outros combustíveis.....	34
Tabela 10 – Características físicas da bacia hidrográfica do rio Coruja/Bonito.....	39
Tabela 11 – Relação entre topografia e uso da terra.....	41
Tabela 12 – Proximidade das granjas com a rede de drenagem.....	41
Tabela 13 – Proximidade das granjas com a rede de drenagem.....	42
Tabela 14 – Perdas de solos na sub-bacia do Rio Coruja/Bonito.....	43
Tabela 15 – Comparação entre Tratamento Centralizado e Descentralizado.....	47
Tabela 16 – Resultados do tratamento centralizado.....	51
Tabela 17 – Resultados do tratamento descentralizado.....	52
Tabela 18 – Resultados dos Nutrientes disponíveis.....	53

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CC	Ciclo Completo
CT	Ciclo de Terminação
CH ₄	Gás Metano
CO ₂	Gás Dióxido de Carbono
H ₂ S	Gás sulfídrico
LAC	Levantamento Agropecuário Catarinense
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão
CO	Carga Orgânica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ENS	Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Embrapa Suínos e Aves
GEE	Gases de Efeito Estufa
H ₂ O	Água
H ₂	Hidrogênio
N	Nitrogênio
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de SC
ICEPA	Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	Potássio
P	Fósforo
MME	Ministério de Minas e Energia
NH ₃	Amônia
O ₂	Oxigênio
pH	Potencial hidrogênionico
PPM	Produção Pecuária Municipal
PVC	Policloreto de Vinila
ST	Sólidos Totais
SV	Sólidos Voláteis
TRH	Tempo de Retenção Hidráulica
UPL	Unidade de Produção de Leitões
ONU	Organização das Nações Unidas
CEPEL	Centro de Pesquisa em Eletricidade
PDI&TT	Pesquisa Desenvolvimento Inovação e Transferência de Tecnologia
PD&I	Pesquisa Desenvolvimento e Inovação
PROINFRA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
IN-11	Instrução Normativa nº11
ABIEPCS	Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 – Objetivo Geral	
2.2 – Objetivos Específicos	
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 – Balanço Energético Nacional – Plano de Agroenergia.....	13
3.2 – Plantas de geração de energia a partir do biogás.....	15
3.3 – Aspectos da suinocultura em Santa Catarina.....	16
3.4 – Licenciamento Ambiental para Suinocultura.....	18
3.5 – Tratamentos de Dejetos Suínos.....	20
3.5.1 – Esterqueiras.....	21
3.5.2 – Bioesterqueiras.....	21
3.5.3 – Biodigestores usuais em SC.....	22
3.5.4 – Lagoas Anaeróbias cobertas.....	26
3.6 – Caracterização dos Dejetos Suínos.....	27
3.7 – Tipos de Produção.....	28
3.8 – Fundamentos da Digestão Anaeróbia.....	28
3.8.1 – Fundamentos da Digestão Anaeróbia.....	28
3.8.2 – Fase da Digestão Anaeróbia.....	29
3.9 – Composição do Biogás.....	32
3.10 – Produção de biogás.....	33
3.11 – Aplicações do biogás e equivalente energético.....	34
3.12 – Sistemas de Purificação do biogás.....	34
3.13 – Tratamento Centralizado.....	35
3.14 – Tratamento Descentralizado.....	36
3.15 – Biofertilizante.....	36
3.16 – Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito.....	37
3.17 – Localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito.....	38
3.18 – Características Físicas da Sub-Bacia Hidrográfica.....	39
3.19 – Risco ambiental na Sub-Bacia Hidrográfica.....	41
3.20 – Proximidade das Granjas e Esterqueiras dos Recursos Hídricos.....	41
3.21 – Declividade e Perda de Solo.....	42
3.22 – Uso do solo.....	43
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1 – Configuração para o Sistema de Tratamento de Dejetos.....	47
5.2 – Tipos de produção de suínos.....	48
5.3 – Sistema de armazenamento.....	49
5.4 – Tabelas com Potencial de Geração Elétrica e Térmica.....	51
5.5 – Nutrientes disponíveis na Bacia Hidrográfica.....	53
6. CONCLUSÕES.....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
8. ANEXOS.....	60

1. INTRODUÇÃO

O constante aumento da população mundial criou fortes pressões sobre os setores industriais e agropecuários, demandando um proporcional incremento na produção de energia e de alimentos de origem animal (criação de bovinos, suínos e aves), que geram grandes quantidades de resíduos. A poluição dos mananciais hídricos com dejetos animais tem contribuído para diversos problemas às comunidades rurais e urbanas, principalmente na região Sul do Brasil.

Conforme os últimos dados do Levantamento Agropecuário Catarinense (ICEPA 2008), a participação da região Sul (SC-PR-RS) na produção nacional de frango é de 62,2% e participa com 54,5% da produção suína brasileira. Somente SC, produz 27,7% de toda carne suína produzida no país.

A deficiência no tratamento dos efluentes líquidos agropecuários, conhecido como esterco animal, é um problema de grande magnitude no país, os dejetos coletado em granjas, na maioria dos casos, não recebe nenhum tipo de tratamento antes de ser despejado nos cursos de água ou utilizado como adubo de culturas.

A alta concentração de animais, a pouca reciclagem, tratamento inadequado dos dejetos e o lançamento direto nos recursos hídricos são as causas de problemas ambientais.

Conforme levantamento realizado pelo IBGE (2006), o estado de Santa Catarina possui um efetivo de suínos da ordem de 7,158 milhões de cabeças, concentrados principalmente na região oeste e sul do estado.

Segundo Gusmão (2008) a suinocultura é uma atividade pecuária de grande importância econômica mas origina múltiplos problemas no meio ambiente, devido à elevada produção de dejetos. Estes quando lançados diretamente no meio ambiente afetam tanto a qualidade das águas, como dos solos e do ar. No caso das águas ocorre poluição orgânica, proliferação de microrganismos entéricos e aumento das concentrações de nitrato e de cobre. A poluição dos solos resulta essencialmente das elevadas taxas de aplicação dos dejetos como fertilizante e do excesso de fósforo. A contaminação do ar tem como efeitos o aumento da população de insetos e a geração de maus odores, além da emissão dos gases de efeito estufa (GEE). Para Santa Catarina existe um potencial de geração de biogás em torno de 493,03 milhões de metros cúbicos por ano.

Outro fator importante, é a demanda de energia pelo setor agropecuário. Energia principalmente utilizada no aquecimento e refrigeração dos animais, buscando zonas de conforto térmico. Conforme o Balanço Energético Brasileiro (2008), o setor agropecuário utiliza 4,5% da energia disponível no país, sendo suas principais fontes o óleo Diesel, GLP e lenha.

A recente crise energética e a alta nos preços do petróleo têm determinado uma procura por novas fontes energéticas, inclusive no meio rural. Os riscos associados ao suprimento de energia e impactos ambientais têm destacado processos de tratamento de dejetos como a digestão anaeróbica em biodigestores.

A biodigestão anaeróbia de resíduos animais e vegetais reduz significativamente o poder poluente destes dejetos, eliminando bactérias causadoras de doenças e o aproveitamento posterior dos dejetos como biofertilizante estabilizado. Outro aspecto importante é o aproveitamento energético do biogás gerado no processo, uma fonte de energia natural de relevante importância no cenário atual.

Conforme o Levantamento Agropecuário Catarinense (ICEPA 2008), o número efetivo de produtores de suínos reduziu significativamente de 130.819 em 1995/1996 para 54.711 produtores em 2003. Contudo, o rebanho suíno cresceu 25% em 2003, com relação aos dados apresentados pelo Censo Agropecuário 95/96.

O perfil destes produtores Catarinense encontra-se vinculado ao trabalho da agricultura familiar. Analisando os dados percebe-se, a desistência de inúmeras famílias da atividade rural e aumento na escala de produção.

De acordo com Belli Filho (2001), alguns fatores como a falta de formação de pessoal, de orientação técnica dos produtores e ausência de controle ambiental pelos órgãos responsáveis, apesar da disponibilidade de legislação avançada, faz com que a produção de dejetos gere conseqüências preocupantes, das quais podemos citar: contaminação das águas superficiais e subterrâneas, eutrofização de mananciais hídricos, presença de microorganismos enteropatogênicos, alteração das características dos solos, poluição do ar pela emissão de CO₂ e CH₄ (dióxido de carbono e metano) e pela emissão de maus odores através do H₂S (gás sulfídrico).

Segundo Henn (2005), o processo de modernização do setor e a aplicação do sistema de confinamento intensivo, que por sua vez, utiliza pequenas áreas e adota sistemas de higienização das instalações, implica na necessidade de manejo de grandes volumes de dejetos por unidade de criação. Além disso, as características químicas e bacteriológicas conferem aos dejetos suínos, elevado potencial poluidor. Com isso, o volume de dejetos produzidos neste sistema de criação ultrapassa os limites possíveis de utilização como fertilizante ou na piscicultura, surgem conseqüências danosas ao meio ambiente, resultando principalmente, em problemas sociais e de saúde pública.

A sub-bacia do rio Coruja/Bonito, localizada no município de Braço do Norte, é formada pelas comunidades de Pinheiral, Baixo Pinheiral e Santo Antônio. Algumas propriedades situam-se em meio urbano, principalmente nas áreas mais próximas a região central do município, pertencentes à comunidade de Rio Bonito.

A suinocultura é uma importante fonte de renda desenvolvida nas comunidades situadas na Sub-Bacia do Rio Coruja/Bonito, estando presente na maior parte das pequenas propriedades rurais da região. Por esse fato, constata-se que dejetos da suinocultura tem sido fonte de uma grande quantidade de poluição dos recursos hídricos da sub-bacia considerada (HADLICH, 2004; EPAGRI, 2000).

A grande maioria das propriedades rurais apresenta área inferior a 20 ha, limitadas para o uso agrícola devido a acentuadas declividades dos terrenos, com granjas criando suínos em ciclo completo de produção e em desacordo com a legislação ambiental.

Sendo assim, o estudo pretende estimar o potencial de geração de energia, com o uso do biogás resultante da digestão anaeróbia dos dejetos suínos, produzidos pelo plantel existente na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito, em Braço do Norte/SC. Observando dois panoramas teóricos; (a) tratamento descentralizado, aplicado na propriedade rural com biodigestores convencionais. (b) tratamento centralizado, utilizando biodigestores não-convencionais (unidade industrial) para o tratamento dos dejetos gerados em toda a extensão da sub-bacia do Rio Coruja/Bonito.

2. OBJETIVO

2.1 - OBJETIVO GERAL

- Avaliar o potencial de geração de energia com a digestão anaeróbia de dejetos suínos, na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito em Braço do Norte/SC, para fins de produção de energia elétrica e calorífica.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Caracterizar a condição da produção e destinação de dejetos suínos na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito em Braço do Norte/SC;
- ✓ Estimar o potencial de metano e energia, na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito;
- ✓ Estimar a quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio disponível nos dejetos suínos, dentro da Sub-Bacia hidrográfica do Rio Coruja/Bonito;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

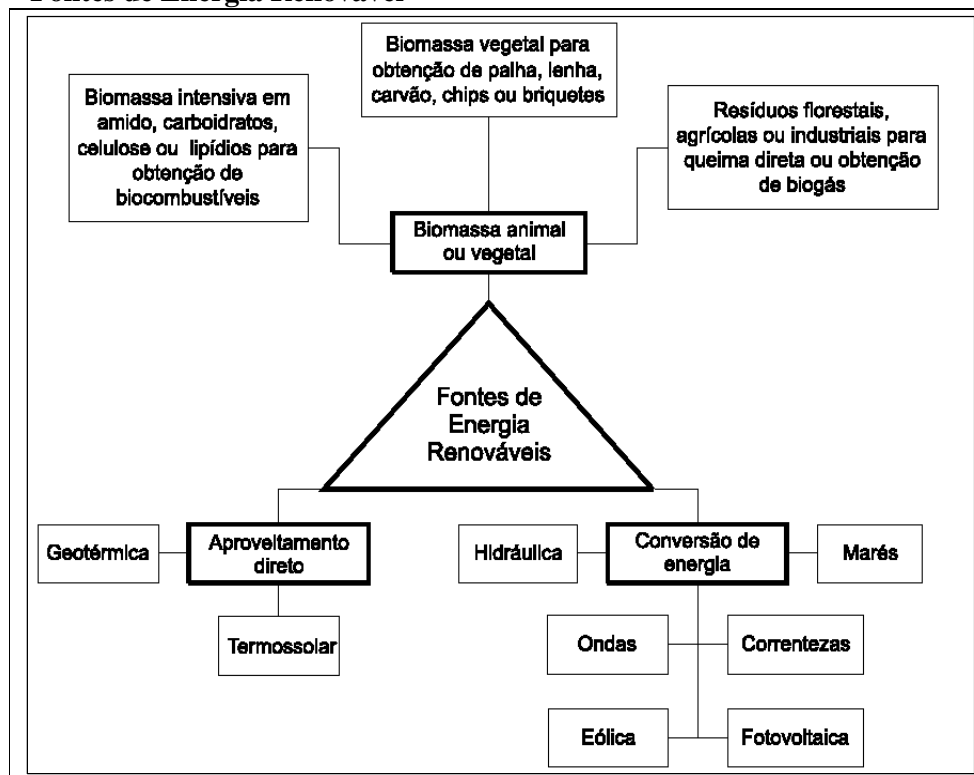
O tratamento anaeróbio de dejetos em biodigestores possibilita eliminar riscos sanitários e criar uma fonte energética de extrema importância no cenário atual. Considerando o tratamento de dejetos de animais, criados em escala comercial, a energia gerada com o a digestão anaeróbia aplica-se no sistema produtivo, reduzindo custos e impactos ambientais. Assim, a geração de energia a partir da biomassa apresenta vantagens estratégicas para o setor de energia elétrica e para a sociedade.

Sendo dever do Estado, planejar a expansão da oferta de energia elétrica, mitigar os riscos e atrair investimentos privados para o setor, minimizando os custos para a inovação tecnológica (Brasil, MME - PNA, 2008).

3.1 – Balanço Energético Brasileiro – Plano de Agroenergia

O Plano Nacional de Agroenergia visa, a partir da análise da realidade e das perspectivas futuras da matriz energética mundial, organizar uma proposta de Pesquisa, Desenvolvimento, Inovação e de Transferência de Tecnologia (PDI&TT), com vistas a conferir sustentabilidade, competitividade e maior equidade entre os agentes das cadeias de agroenergia, em conformidade com os anseios da sociedade, as demandas dos clientes e as políticas públicas das áreas energética, social, ambiental, agropecuária e de abastecimento.

Fontes de Energia Renovável



Fonte: BEN - Balanço Energético Brasileiro (2008).

As diretrizes do plano Nacional de Agroenergia são;

“Estabelecer marco e rumo para as ações públicas e privadas de geração de conhecimento e de tecnologias que contribuam para a produção sustentável da agricultura de energia e para o uso racional dessa energia renovável. Tem por meta tornar competitivo o agronegócio brasileiro e dar suporte a determinadas políticas públicas, como a inclusão social, a regionalização do desenvolvimento e a sustentabilidade ambiental”.

Com o objetivo de alcançar este propósito geral, criou-se a agenda de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) com as seguintes diretrizes:

“Sustentabilidade da matriz energética, geração de emprego e renda, aproveitamento racional de áreas antropizadas, liderança do País no biomercado, autonomia energética comunitária, suporte a políticas públicas, racionalidade energética nas cadeias do agronegócio e eliminação de perigos sanitários”.

O desenvolvimento dessas fontes ingressa numa nova fase no país com a implantação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFRA), criado no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME) pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, e revisado pela Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003. A iniciativa, de caráter estrutural, vai alavancar os ganhos de escala, a aprendizagem tecnológica, a competitividade industrial nos mercados interno e externo, a identificação e a apropriação dos benefícios técnicos, ambientais e socioeconômicos na definição da competitividade econômico-energética de projetos de geração que utilizem fontes limpas e sustentáveis (MME, 2008).

A figura 1 mostra a composição da Matriz Energética Nacional, revelando sua base na geração hidroelétrica. As fontes de energia utilizando biomassa ocupam 3,9% da geração nacional.

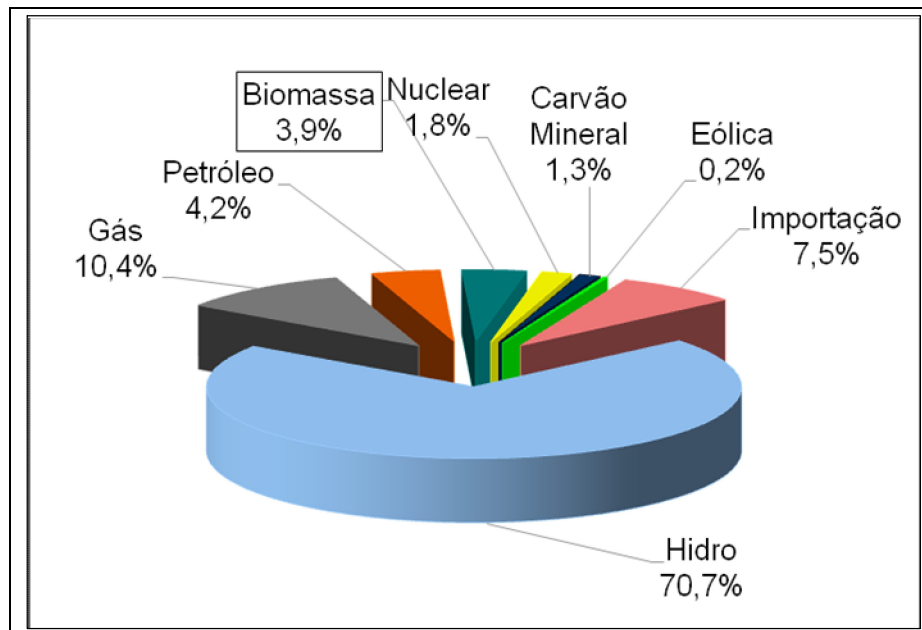


Figura 1 – Matriz Energética Nacional.
Fonte: BRASIL (2008).

3.2 – Plantas de geração de energia a partir do biogás

“O biogás, sendo um combustível alternativo e renovável, tem despertado crescente interesse em todo o mundo. No caso de plantas para aproveitamento energético do biogás proveniente de aterros sanitários existem cerca de mil unidades no mundo, sendo que os maiores desenvolvimentos estão nos Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha e Europa Setentrional, onde se têm buscado maior eficiência energética e aumento da vida útil das plantas, bem como novos e menos onerosos tratamentos do biogás para aplicações energéticas. No caso do biogás produzido em pequenos e médios biodigestores, principalmente em aplicações residenciais ou familiares, tem ocorrido a instalação de grande número de unidades na China e na Índia. Em ambos os casos tem ocorrido considerável evolução tecnológica no sentido de aumentar a eficiência dos processos de geração do biogás.” (FURTADO, 2008).

Portugal

Inaugurado recentemente em Leiria, região Oeste de Portugal, a estação de saneamento das suinoculturas na região Oeste, projeto para tratamento dos efluentes gerados nas Bacias dos rios Tornada, Real e Arnóia. Totalizando o efluente gerado por 300 mil animais, capacidade de funcionamento para 120 mil metros cúbicos de dejetos tratados por dia.

A criação deste tipo de solução integrada no âmbito da atividade da Águas do Oeste teve como objetivos promover a requalificação ambiental das respectivas zonas de intervenção, nomeadamente através da despoluição integrada das Bacias Hidrográficas, propondo uma alternativa sustentável para o tratamento de efluentes produzidos pelo setor da suinocultura, além de tentar impedir os problemas ambientais”. (TRESOESTE, 2008)

Eslováquia

O projeto de biogás na cidade de Baska utiliza os dejetos animais da criação de porcos e galinhas gerados na fazenda FIGA, localizada no distrito de Rimavska Sobota. A planta foi construída entre 92-95, com o custo de 2,8 milhões de dólares, sendo que o proprietário da fazenda pagou a metade dos custos de projeto e o ministério da agricultura da Eslováquia pagou o restante.

A planta de biomassa recebe 166 toneladas de esterco animal por dia, gerando a fazenda uma potência elétrica de 9,5 kWh/dia e energia térmica de 24,9GJ/dia.

O produto restante do tratamento, uma lama digerida, é utilizado nos campos como fertilizante.

Brasil – Companhia de Gás do Rio Grande do Sul - SULGÁS

Projeto piloto no município de Capitão - RS, tratamento dos dejetos suínos atendendo 86 produtores, distribuídos no raio de 7 km de distância do biodigestor.

Projeto com produção de 7 mil m³ de biogás/dia, o biogás purificado poderá abastecer 2 postos de combustíveis. Investimento do projeto de R\$ 9,6 milhões.

Brasil – Aterro Bandeirantes

Atualmente o maior projeto de geração de energia elétrica a partir de biogás do país, está instalado no aterro Bandeirantes em São Paulo, com capacidade para gerar 20MW.

A usina do aterro Bandeirantes, em São Paulo, é a maior do mundo neste segmento, com capacidade para gerar energia para uma população de 400 mil habitantes durante dez anos. Outro exemplo de aterro bem sucedido no Brasil é o Nova Iguaçu, no Rio de Janeiro, primeiro do mundo a receber o aval da ONU para vender créditos de carbono ao Governo Holandês no valor de 8,5 milhões de Euros.

A experiência Brasileira na geração de energia elétrica a partir do aproveitamento energético do biogás de aterros sanitários vem crescendo gradualmente.

O biogás gerado nas estações de tratamento anaeróbico de esgotos é mais rico em metano que o similar produzido em aterros sanitários.

As atividades de produção de bovinos, suínos e aves merecem destaque na geração de biogás. Essas são grandes geradoras de dejetos e apresentam grande potencial de geração de biogás.

3.3 – Aspectos da suinocultura em Santa Catarina

A suinocultura representa uma importante atividade econômica e social para o desenvolvimento nacional, sendo uma atividade fundamental para o estado de Santa Catarina. Atualmente, o estado detém um rebanho suíno de aproximadamente 7 milhões de cabeças, estima-se uma produção diária de 55.000m³ de dejetos suínos. Grande parte deste volume é dejetos líquidos, havendo necessidade de manejo, armazenamento, tratamento e disposição final deste material.

Pesquisa realizada pela EPAGRI (2002) comprova a contaminação ambiental na região oeste do Estado, sendo que 86% das fontes de água utilizadas no meio rural estão contaminadas por coliformes fecais, provenientes dos dejetos suínos.

Os dejetos de suínos, até a década de 70, não constituíam fator preocupante, pois a concentração de animais era pequena e o solo das propriedades tinha capacidade para absorvê-los como adubo orgânico. Entretanto, o desenvolvimento da suinocultura ocasionou a produção de grandes quantidades de dejetos, transformando-se na maior fonte poluidora dos mananciais de água de Santa Catarina. (OLIVEIRA et al, 1993).

A poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos suínos cresce em importância a cada dia, quer seja por uma maior consciência ambiental dos produtores, quer seja pelo aumento das exigências dos órgãos fiscalizadores e da sociedade em geral (DIESEL et al, 2002).

Segundo dados do IBGE, em 2006 o rebanho suíno efetivo de Santa Catarina possuía 7,158 milhões de cabeças. A região Oeste concentrava 76,7%, seguido da região sul com 11,3% do rebanho total de Santa Catarina. Conforme a tabela 1, que apresenta o número de efetivos de suínos existentes nas microrregiões e em alguns municípios de Santa Catarina, segundo dados da Produção da Pecuária Municipal (PPM) de 2006, verifica-se que Braço do Norte possui 2,86% do rebanho catarinense.

Tabela 1 – Efetivo de suínos, segundo as Mesorregiões, as Microrregiões e alguns Municípios do Estado de Santa Catarina, em 2006.

Regiões	Efetivo de Suínos (n°)	Regiões/SC (%)
Santa Catarina	7 158 596	100
Oeste Catarinense	5 491 599	76,71
São Miguel do Oeste	591 404	8,26
Chapecó	955 326	13,35
Xanxerê	696 624	9,73
Joaçaba	1 149 513	16,06
Concórdia	2 098 732	29,32
Norte Catarinense	251 402	3,51
Canoinhas	196 607	2,75
São Bento do Sul	11 788	0,16
Joinville	43 007	0,60
Serrana	152 215	2,13
Curitibanos	83 985	1,17
Campos Novos	59 000	0,82
Campos de Lages	68 230	0,95
Vale do Itajaí	422 559	5,9
Rio do Sul	283 076	3,95
Blumenau	53 687	0,75
Itajaí	17 496	0,24
Ituporanga	68 300	0,95
Grande Florianópolis	34 649	0,48
Sul Catarinense	806 172	11,26
Tubarão	680 262	9,50
Braço do Norte	204 885	2,86
Criciúma	70 041	0,98
Araranguá	55 869	0,78

Fonte: IBGE – Produção da Pecuária Municipal (2006).

Conforme relatório da ABIPECS - Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína, em 2008 Santa Catarina contribuiu com 31,9% da exportação de carne suína brasileira. Sendo a Rússia, o país consumidor de metade destas exportações.

A região de Braço do Norte mantém destaque na produção catarinense e consequentemente brasileira, recuperando seu plantel após o agravamento da crise no setor suinícola em 2002. Esta característica pode ser explicada pela instalação de novas agroindústrias e unidades frigoríficas na região. Favorecendo um fortalecimento do setor e melhor alocação da produção. A proximidade das unidades fornecedoras com as unidades processadoras, diminui os custos de organização da produção, tornando-a mais otimizada. (HENN, 2005).

Como forma de atenuar as consequências da poluição ambiental, decorrentes das atividades da suinocultura no Estado, e visando garantir a sustentabilidade do processo, o Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS) da

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), juntamente com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), desde 1994, vem desenvolvendo pesquisas relacionadas às alternativas tecnológicas e econômicas, além de outras estratégias para a sustentabilidade do setor.

Neste contexto foi elaborado e desenvolvido o projeto “Validação de Tecnologias para o Manejo, Tratamento e Valorização dos Dejetos de Suínos em Santa Catarina - Pequenas e Médias Produções”.

Dentre as potencialidades de tratamento pesquisadas e implementadas pelo projeto destaca-se a digestão anaeróbia, devido a sua capacidade de mineralizar sólidos voláteis, reduzindo a DQO e gerando biogás, com a possibilidade de aproveitamento do metano desse biogás como fonte alternativa na geração de energia elétrica, contemplando inteiramente a prática de valorização dos dejetos, com a redução dos gases de efeito estufa (GEE).

Atualmente desenvolve-se o projeto Tecnologias Sociais para Gestão da Água (TSGA), com o objetivo de aumentar a capacidade de gestão local de comunidades de bacias hidrográficas em Santa Catarina, através da disseminação e implementação de práticas de produção e saneamento do meio rural como tecnologias sociais com vistas ao uso sustentável da água.

3.4 – Licenciamento Ambiental para Suinocultura

Em Santa Catarina, o licenciamento ambiental é regulado pelo Art. 69 do Decreto 14.250/81, que diz o seguinte: “[...] a instalação, a expansão e a operação de equipamentos ou atividades, dependem de prévia autorização, desde que inseridas na Listagem de Atividades Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental”. As atividades de pecuária de médio porte com animais confinados, incluindo os suínos, fazem parte desta listagem, sendo a suinocultura classificada como de alta potencialidade de degradação ambiental. Desta forma, a atividade suinícola requer o licenciamento junto ao órgão ambiental competente (Portaria Intersetorial nº 01/92 de 27/10/92).

O agricultor que desejar ingressar na atividade deve preencher uma Instrução Normativa (IN-11) específica para a suinocultura, que traça o perfil da propriedade, do rebanho, do volume e do local de destino dos dejetos, bem como da localização da instalação em relação aos afastamentos exigidos pelo Código Florestal e pelo Código Sanitário.

Para poder operar, a granja suinícola, deve seguir o que estabelece a legislação vigente, sob os seguintes aspectos: estar localizada a uma distância mínima de 30 metros de córregos ou rios com até 10 metros de largura, de 50 metros de rios com largura entre 10 e 50 metros ou de 100 metros de rios com larguras superiores a 50 metros. Além disso, deve distar no mínimo de 50 metros das nascentes permanentes ou temporárias, incluindo os olhos d’água (Lei 4.771 de 15/09/65 – Código Florestal).

O Código Sanitário Estadual (Decreto 4.085/2002) determina que as instalações devam estar afastadas no mínimo de 20 metros das residências e das divisas das propriedades e 10 metros distantes das estradas, quando municipais, e 15 quando estaduais ou federais.

A Instrução Normativa-11 estabelece que as unidades de produção de suínos devam possuir sistema de armazenamento e/ou tratamento dos dejetos (esterqueira, bioesterqueiras, lagoas, etc.) que possibilitem uma retenção do efluente por no mínimo 120 dias.

As unidades produtoras de suínos devem possuir área agrícola útil em condições de realizar a reciclagem dos dejetos, sendo uma aplicação máxima de 50 metros cúbicos de dejetos/hectare/ano. Caso o produtor não disponha desta área, deverá dispor comprovadamente de áreas de terceiros ou então aplicar tratamentos aos efluentes com objetivo de reduzir os parâmetros químicos e biológicos, até que atinjam os padrões determinados pela legislação. Contudo, esta atividade mostra-se de difícil atendimento em virtude da elevada carga orgânica de dejetos suínos e do elevado custo da implantação de um sistema eficiente de tratamento.

Para obtenção do Licenciamento Ambiental, a atividade deve estar de acordo com a legislação vigente aplicável à suinocultura, como ilustrado na figura 2:

- Código Florestal Federal (Lei Federal nº 4.771/65 e alterações);
- Resoluções CONAMA nº 302 e 303/02;
- Decreto Estadual nº 14.250/81;
- Decreto Estadual nº 24.980/85 e alterações.

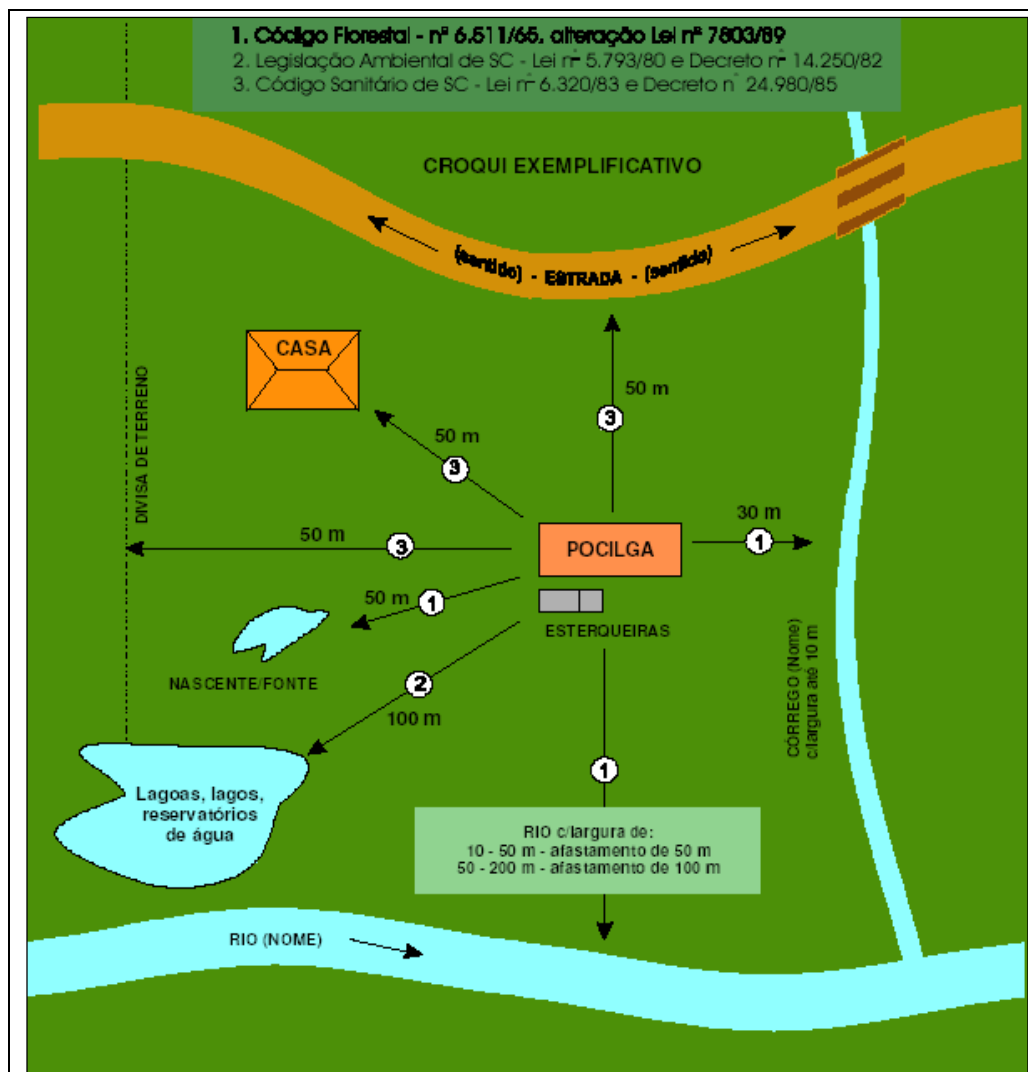


Figura 2 – Croqui de orientação para localização das instalações suínolas em relação às distâncias definidas pela legislação ambiental e sanitária.

Fonte: Fatma, (2004).

3.5 – Tratamentos de Dejetos Suínos

A quantidade e qualidade dos dejetos produzidos variam com o tipo de criação, com a quantidade de água utilizada nas instalações, com a estação do ano, com a alimentação e o número e categoria dos animais. (ALVES, 2007).

Considerando condições distintas de situação e nas criações de suínos, pode-se dizer que a quantidade e a composição dos dejetos variam a cada propriedade, (GOSMANN, 1997).

Nos sistemas de criação de suínos, os dejetos produzidos agregam variações de ordem quantitativa e qualitativa e estas, por sua vez, dependem do manejo adotado. Com isso, o volume ou a massa de dejetos produzidos depende exclusivamente da quantidade de água que é desperdiçada na bebedeira dos animais

e esta influencia diretamente na composição e nas características físico-químicas do efluente.

HENN (2005) cita que após a instalação de bebedouros ecológicos em uma pequena propriedade produtora de suínos, ocorreria uma expressiva redução no desperdício de água consumida pelos suínos e, conseqüentemente, os dejetos brutos tornaram-se mais densos e sofreram alterações significativas em suas características físico-químicas, melhorando a qualidade dos dejetos suínos como biofertilizante.

Os dejetos de suínos são compostos orgânicos que contêm vários nutrientes. As maiores concentrações são de nitrogênio (N) e fósforo (P), mas têm outros minerais como zinco, cádmio, chumbo, selênio, cobre e uma elevada carga de microrganismos potencialmente patogênicos. Sendo assim, a sua aplicação em quantidades excessivas ou continuadas numa mesma área pode causar problemas ao solo e às águas, devido à presença de elementos ou compostos não assimiláveis pelas plantas ou microrganismos do solo, que posteriormente serão lixiviados causando poluição ao meio ambiente.

O processo anaeróbio é normalmente empregado como tratamento primário para a estabilização de efluentes com alta carga orgânica. Sua função principal é a degradação da matéria orgânica (DBO, DQO e SST), envolvendo principalmente a participação de bactérias facultativas e estritamente anaeróbias. De acordo com Belli filho (1995), a utilização da digestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos é importante, pois preserva seu poder fertilizante.

3.5.1 – Esterqueiras

Segundo Gosmann (1997), a esterqueira é um sistema que consta de apenas uma câmara, preferencialmente revestida, a qual serve como unidade de estocagem, com tempo de retenção hidráulica previsto para 90 a 120 dias. Os dejetos frescos são conduzidos, em fluxo descendente diretamente ao tanque. Acredita-se que as fases da digestão são simultâneas, contudo dispersas em todo o ambiente. O esvaziamento periódico pode causar um mau funcionamento do sistema e afetar a qualidade do efluente. Quando usado somente com dejetos de suínos, quase sempre, ocorre putrefação do material.

3.5.2 – Bioesterqueiras

As bioesterqueiras compreendem uma câmara de fermentação anaeróbia, com capacidade para um tempo de retenção de 45 dias e de um depósito de dejetos, na sequência da câmara de fermentação, para mais 90-120 dias de armazenamento, totalizando um tempo de retenção hidráulica de 135-165 dias. A câmara de fermentação, por recomendação técnica, deve ter no mínimo 2,5m de profundidade e dimensionamento na proporção de 1/3 em largura/comprimento, devendo ser dividida em dois compartimentos iguais, por parede de 70% da altura das paredes externas. Os dejetos frescos chegam pelo fundo do 1º compartimento, passando ao depósito da bioesterqueira, a partir do 2º compartimento (Figura 3), (GOSMANN, 1997).

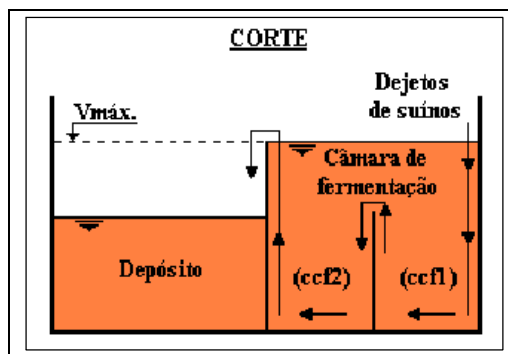


Figura 3 – Esquema de uma bioesterqueira.
Fonte: GOSMANN (1997).

A esterqueira e a bioesterqueira são os sistemas de armazenamento dos dejetos de suínos mais empregados em Santa Catarina. Esses sistemas possuem a função principal de armazenar os dejetos antes de aplicá-los ao solo, porém esses reatores biológicos proporcionam redução da fração orgânica associada a sua liquefação, preservando o potencial de fertilização deste produto. É comum no oeste catarinense após o armazenamento dos dejetos nestes sistemas, que estes sejam utilizados como fertilizantes principalmente em culturas de milho e pastagens na própria propriedade (GOSMANN, 1997).

3.5.3 – Biodigestores usuais em SC

O biodigestor é um tanque isolado do contato com ar atmosférico, criando ambiente anaeróbio para o tratamento dos dejetos armazenados. Sua estrutura constitui-se de uma câmara de digestão e um gasômetro. A câmara de digestão é onde acontece a degradação da matéria orgânica, possuindo uma parede divisória, que favorece a hidrodinâmica e a eficiência do processo. Para aumentar a eficiência do processo anaeróbio, podem ser associados um sistema de agitação e um sistema de aquecimento ao biodigestor. (Oliveira *et. al*, 1993).

No Brasil o uso de biodigestores na suinocultura se intensificou nas décadas de 70 e 80, porém vários fatores contribuíram para o insucesso desta tecnologia, dentre eles a falta de conhecimento técnico e a falta de equipamentos desenvolvidos para o uso do biogás (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006).

Após, aproximadamente, 30 anos o uso do biodigestor ressurgiu podendo ser construído a partir de novos materiais com menores custos. Em 2005, programas oficiais foram lançados, os quais focam a geração de energia e a possibilidade da participação no mercado de Carbono, resultando na diminuição do impacto ambiental (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006).

Configurações de biodigestores:

- Indiano

Este modelo de biodigestor caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação, ou em um selo d'água externo, e uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras. A função da parede divisória faz com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação.

O modelo indiano possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o volume de gás produzido não é consumido de imediato, o gasômetro tende a deslocar-se verticalmente, aumentando o volume deste, portanto mantendo a pressão no interior deste constante.

O fato de o gasômetro estar disposto ou sobre o substrato ou sobre o selo d'água reduz as perdas durante o processo de produção do gás.

O resíduo a ser utilizado para alimentar o biodigestor indiano, deverá apresentar uma concentração de sólidos totais (ST) não superior a 8%, para facilitar a circulação do resíduo pelo interior da câmara de fermentação e evitar entupimentos dos canos de entrada e saída do material. O abastecimento também deverá ser contínuo, ou seja, geralmente é alimentado por dejetos bovinos e/ou suínos, que apresentam certa regularidade no fornecimento de dejetos.

Apresenta-se de fácil construção, contudo o custo do gasômetro de metal pode encarecer o custo final.

A figura 4 mostra a representação do biodigestor modelo indiano.

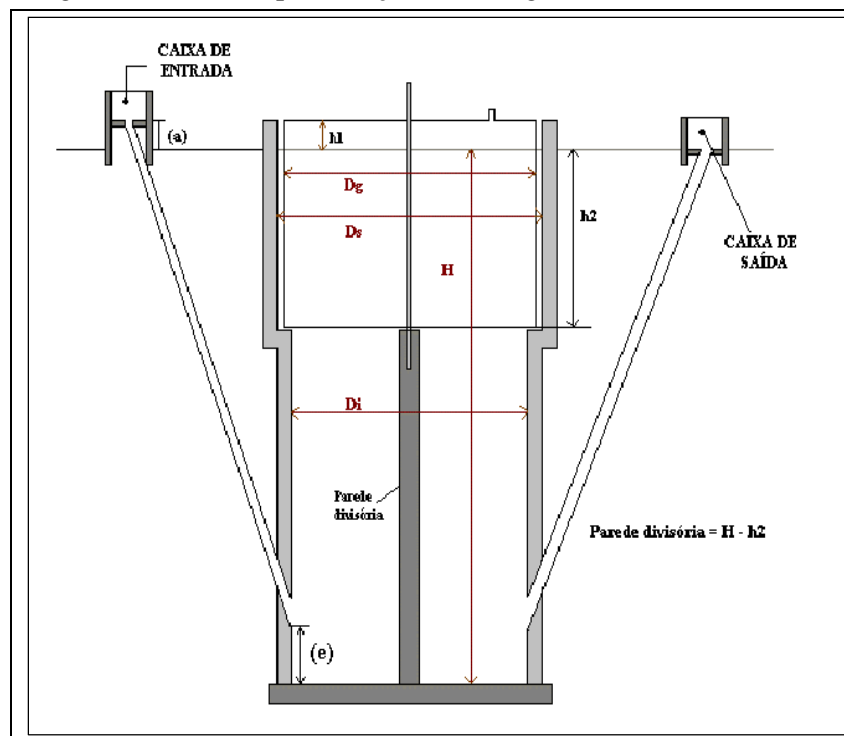


Figura 4 – Biodigestor Modelo Indiano.

Fonte: Henn (2005)

- Modelo utilizado pela UFSC na pesquisa em Braço do Norte

Henn (2005) estudou o desempenho inicial do sistema de manejo implantado em uma pequena propriedade produtora de suínos, com cerca de 300 animais em ciclo completo. Formado por uma câmara cilíndrica com diâmetro útil de 6,2 m, altura útil de 3,0 m e altura livre de 0,8 m, construída em alvenaria de pedra com cúpula fabricada em geomembrana flexível, destinado ao armazenamento do biogás. Este biodigestor funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que aumentos de pressão em seu interior resultantes do acúmulo de biogás resultarão em deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre descompressão.

Este tipo de biodigestor é aplicado na propriedade do Sr. Valdir Wiggers na Linha Alto Pinheiral, área da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito.

O modelo utilizado pela ENS – UFSC é constituído quase que totalmente em alvenaria, dispensando o uso de gasômetros em chapa de aço, reduzindo os custos, contudo podem ocorrer problemas com vazamentos do biogás caso a estrutura não seja bem vedada e impermeabilizada.

O experimento elaborados por HENN (2005), utilizou inóculo equivalente a 50% do volume do reator para a partida biológica, sendo 39 m³ de lodo de dejetos de suínos e 6 m³ de uma mistura de lodo de dejetos suínos e bovinos. As eficiências médias de remoção foram bastante satisfatórias: o biodigestor removeu 92% de DBO₅, 92% de DQO, 88% de ST e 92% de SV. No entanto, as remoções de nitrogênio total e o fósforo total foram baixas. A produção de CH₄ obtida foi de 0,0172 l CH₄/g SV.dia. A produção de biogás média foi da ordem de 32,3 m³/dia.

O substrato deverá ser fornecido continuamente, com a concentração de sólidos totais em torno de 8%, para evitar entupimentos do sistema de entrada e facilitar a circulação do material.

A figura 5 ilustra o corte frontal do biodigestor modelo utilizado pelo projeto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS/UFSC).

A figura 6 mostra o biodigestor instalado na propriedade do sr. Valdir Wiggers.

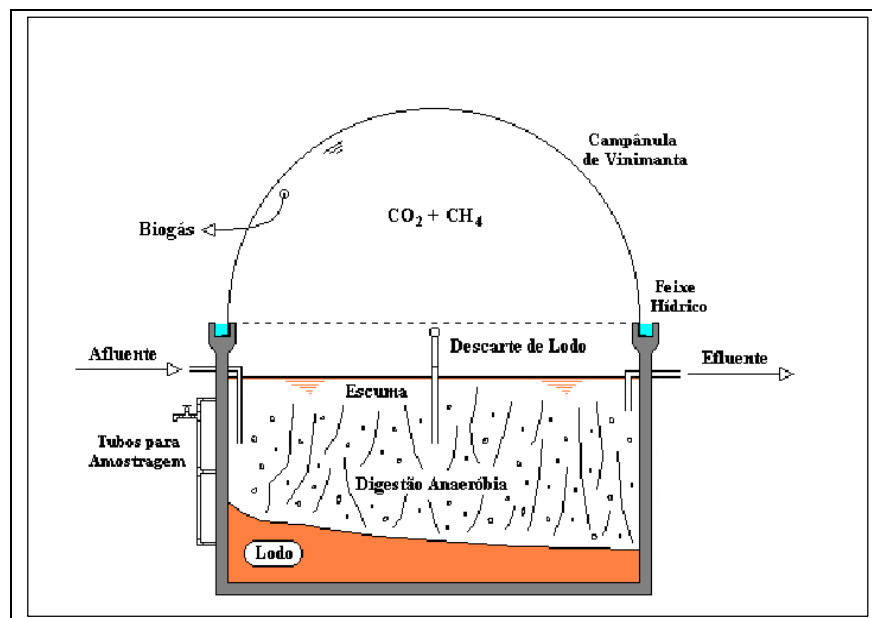


Figura 5 – Corte frontal do Biodigestor / Projeto ENS – UFSC
Fonte: Henn (2005).



Figura 6 – Biodigestor / Projeto ENS – UFSC;
Fonte: Arquivo pessoal

3.5.4 – Lagoas Anaeróbias cobertas

Este modelo de digestor vem difundindo-se em propriedades rurais de pequeno e médio porte, pois apresenta menores custos e facilidade de implantação. A câmara de digestão pode ser construída acima ou abaixo do solo e o seu gasômetro é constituído por geomembrana flexível de PVC, pode ser adaptado nas esterqueiras atuais. A figura 7 ilustra o modelo das Lagoas Anaeróbia Cobertas.

A biomassa dentro do biodigestor se movimenta pela diferença de pressão hidráulica cada vez que é feita uma nova carga, e o tempo de retenção hidráulica (TRH) varia de 30 a 50 dias, dependente da temperatura ambiente e da temperatura da biomassa, (OLIVEIRA, 2004).

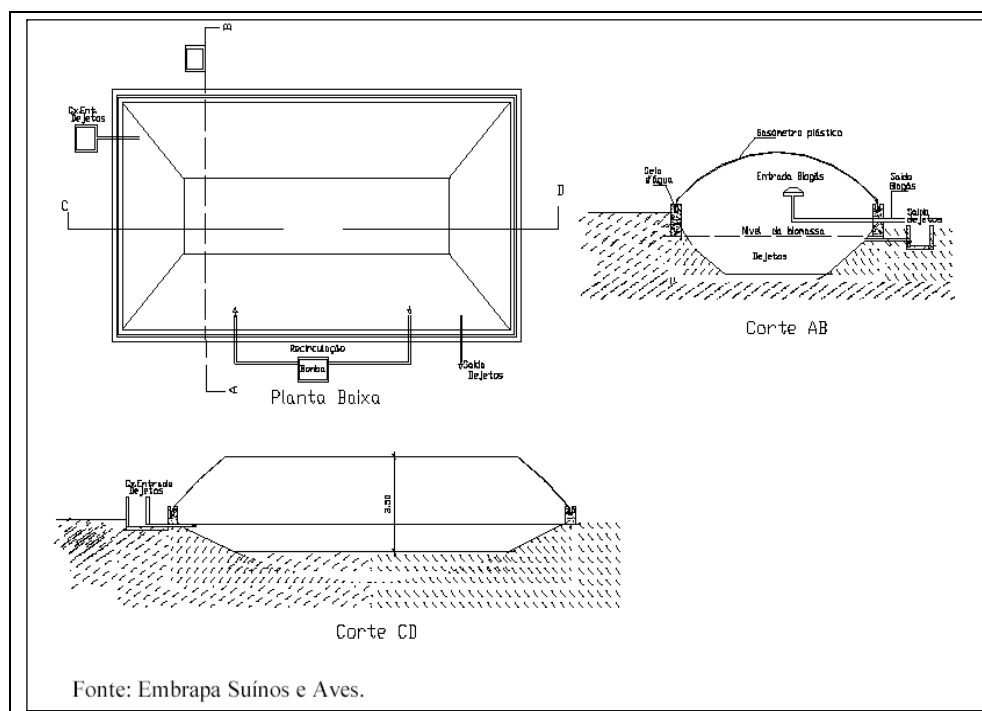


Figura 7 – Lagoas anaeróbias cobertas
Fonte: EMBRAPA

3.6 – Caracterização do Dejeto Suíno

Conforme apresentado por Belli (1995) *apud* Gosmann (1997), o volume de dejetos produzidos pode variar de acordo com o tipo de criação, construções, alimentação, distribuição de água, manejo adotado e estado psicológico dos animais.

Segundo Oliveira *et al.*, (2003), os dejetos líquidos produzidos variam com o peso vivo de cada animal.

Pode-se utilizar os dados apresentados nas tabelas 2, 3 e 4 como base para o estudo.

Tabela 2 – Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos.

Categoria	Esterco Kg/dia	Esterco + Urina Kg/dia	Dejetos Líquidos L/dia	Estrutura p/ Estocagem m³/animal/mês	
				Esterco + Urina	Dejetos Líquidos
25 - 100 Kg	2,3	4,9	7	0,16	0,25
Porcas em reposição	3,6	11	16	0,34	0,48
Porca lactação + leitões	6,4	18	27	0,52	0,81
Macho	3	6	9	0,18	0,28
Leitões	0,35	0,95	0,4	0,04	0,05

Fonte: Oliveira *et al.* (1993).

Tabela 3 – Caracterização dos dejetos suínos por diversos autores.

Parâmetro	Medri (1997)	Gosmann* (1997)	Alves (2004)	Henn (2005)
DQO total	21.647 mg/L	44g/Kg	13 g/L	43,37 g/L
DBO ₅	11.979 mg/L	14 g/kg	5,9 g/L	21,3 g/L
NTK	2.205 mg/L	3,0 g/kg	-	2,0 g/L
N-NH ₄ ⁺	-	1,8 g/kg	-	0,6 g/L
P total	633 mg/L	0,97 g/kg	-	0,7 g/L
Sólidos Totais	17.240 mg/L	33 g/kg	8,2 g/L	36,11 g/L
Sólidos Voláteis	10.266 mg/L	26 g/kg	4,3 g/L	25,23 g/L

Nota: * As análises foram apresentadas em g/kg devido à elevada densidade do dejetos.

Tabela 4 – Características físico-químicas dos dejetos de suínos na fase de crescimento e terminação, observadas na região Oeste de Santa Catarina.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio
DQO total (mg/L)	11.530	38.448	25.543
Sólidos Totais (mg/L)	12.697	49.432	22.399
Sólidos Voláteis (mg/L)	8.429	39.024	16.389
Sólidos Fixos (mg/L)	4.268	10.408	6.010
Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	220	850	429
NTK (mg/L)	1.660	3.710	2.374
P total (mg/L)	320	1.180	578
K total (mg/L)	260	1.140	536

Fonte: Silva (1996) *apud* Diesel *et al.*

3.7 – Tipos de Produção

Segundo De Oliveira (2007), a produção de suínos pode ser classificada basicamente em:

- *Ciclo Completo (CC)* é a criação que engloba todos os ciclos e tem como produto o suíno terminado, pronto para o abate. Esse é o tipo de produção mais usual em todo país e independe do tamanho do rebanho.

- *Produção de Leitões (UPL)* é a produção que envolve a fase de reprodução e tem como produto final os leitões, estes podem ser leitões desmamados que têm em média 21 a 42 dias (6 a 10Kg) ou leitões para terminação que têm em média 50 a 70 dias (18 a 25Kg).

- *Produção de Terminados (TERM)* é a que envolve somente a fase de terminação e que tem por produto final o suíno terminado. O criador possui somente uma instalação para terminação, pois adquire o leitão com 20 a 30Kg.

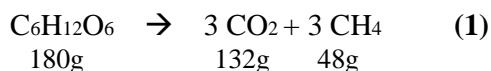
Quando se recebe os leitões provenientes de unidades UPL, é necessário ter uma creche ou local de pré-terminação para abrigar os leitões.

3.8 – Digestão Anaeróbia

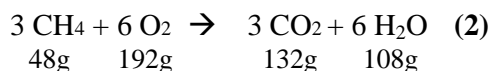
O tratamento dos dejetos de animais pode ser realizado através da digestão anaeróbia com múltiplas vantagens, seja a nível ambiental pela redução do poder poluente ou pela disponibilidade de biogás gerado. Esse biogás pode ser queimado para obtenção de calor ou transformado em energia elétrica, evitando assim a emissão de gases de efeito estufa (GEE), como o metano e o dióxido de carbono, para atmosfera.

3.8.1 – Fundamentos da Digestão Anaeróbia

É um processo biológico que ocorre na ausência de oxigênio molecular (O_2) e sob a ação de uma associação de microrganismos (fungos, protozoários e, principalmente, bactérias anaeróbias e facultativas), que transforma a matéria orgânica solubilizada, ou em estado semilíquido (lodo), em biogás, constituído, sobretudo, de gás metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2) (BELLI Fº, 1995), conforme a reação (1). Como o processo ocorre na ausência de O_2 , usam-se aceptores de elétrons inorgânicos como nitrato (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}) e CO_2 .



Com a oxidação do metano, segundo a reação (2):



Portanto, a relação DQO/ glicose é 192/180 e 1 Kg de glicose (matéria orgânica) produz, em metano (CH₄):

$$\text{Kg CH}_4 = (48/180) / (192/180) = 0,25 \quad (\text{Eq. 1})$$

Assim, cada Kg de DQO convertida produz 0,25 Kg de metano. Logo, o volume de 0,25 Kg de metano produzido pela estabilização de matéria orgânica pode ser calculada como segue na equação 2:

$$\text{Volume CH}_4 = 0,25 \text{ Kg} (10^3 \text{ g/Kg}) \cdot \frac{1 \text{ mol}}{16 \text{ g}} \cdot \frac{22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} (10^3 \text{ L/m}^3) = 0,35 \text{ m}^3 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$1 \text{ Kg DQO} = 0,35 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$$

Ou seja, um Kg de DQO removida produz em torno de 0,35 m³ de CH₄.

No entanto, é possível determinar a produção de biogás em relação ao volume de efluente tratado, características dos dejetos suínos e do respectivo processo anaeróbico. Considerando como exemplo o tratamento de 70L de dejetos por dia, com uma concentração de DQO de 33,3 g/L, uma biodegradabilidade da matéria orgânica de 75% e o respectivo processo anaeróbico com as seguintes características:

- Eficiência de conversão da DQO em CH₄ de 85%;
- Fração de 5% da DQO utilizada para o crescimento das bactérias no reator;
- Produção de 0,35 m³ CH₄/Kg de DQO;
- Biogás com 65% de CH₄;
- Temperatura de 35° C;
- Pressão de 20 mbar.

Assim, têm-se uma produção de matéria orgânica de (70L/dia x 33,3g/L) = 2,33 de DQO/dia, da qual somente (2,33 x 75%) = 1,75 Kg DQO pode ser degradada pelos microorganismos anaeróbios. Passando pelo biodigestor, aproximadamente (1,75 x 85%) = 1,5 Kg de DQO são utilizadas pelos microorganismos, dos quais (1,5 x 95%) = 1,42 Kg são efetivamente transformados em CH₄. A produção de CH₄ será em torno de 0,5 m³ = (1,42 kg x 0,35 m³/Kg) e a de biogás será (0,5 / 0,65) = 0,77 m³, em CNTP. Corrigindo para as condições do funcionamento do reator (0,77 x [(273 +35)/273] / [(1,033 + 0,020)/1,033]) obtêm-se uma produção diária de 0,85 m³ de biogás/dia no exemplo demonstrado.

3.8.2 – Fase da Digestão Anaeróbia

O processo de digestão anaeróbia pode ser descrito em quatro fases principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

Hidrólise

A fase inicial no processo de degradação anaeróbia, consiste na conversão de materiais orgânicos complexos, como as proteínas, carboidratos e lipídios, através da ação de exoenzimas excretadas por bactérias fermentativas hidrolíticas, em compostos dissolvidos mais simples, nomeadamente aminoácidos, açúcares solúveis, ácidos graxos de longa cadeia e glicerina, (BELLI Fº, 1995;CHERNICHARO, 1997).

Essa fase é lenta e pode ser afetada por diversos fatores.

Acidogênese

Na segunda fase, os produtos da hidrólise são metabolizados pelas bactérias fermentativas em compostos orgânicos simples como alcoóis, cetonas e ácidos graxos de cadeia curta, CO_2 e H_2 (BELLI Fº, 1995).

A maioria das bactérias acidogênicas é anaeróbia estrita, mas cerca de 1% consiste de bactérias facultativas, que produzem alimento para as bactérias anaeróbias, e eliminam quaisquer traços de oxigênio dissolvido que tenha permanecido no material orgânico.

Acetogênese

Na terceira fase, ocorre a transformação dos produtos da acidogênese em ácidos acético, precursor do metano, impedindo a acumulação de ácidos graxos voláteis, além do ácido acético. Esses, em concentrações relativamente altas, inibem a etapa final da digestão anaeróbia. A transformação dos ácidos graxos e dos alcoóis em ácido acético é feita pelas bactérias produtoras de hidrogênio (BELLI Fº, 1995). Durante a acetogênese, os ácidos graxos voláteis, bem como os alcoóis, são transformados em ácido acético pelas bactérias produtoras de hidrogênio, conforme (BELLI Fº, 1995). Cerca de 70% da DQO afluyente se converte em ácidos acético e o restante, em CO_2 e H_2 .

Metanogênese

A etapa final do processo global de degradação anaeróbia de compostos orgânicos em metano e dióxido de carbono. Realizada pelas bactérias metanogênicas.

As bactérias metanogênicas utilizam apenas um limitado número de substratos, compreendendo ácido acético, hidrogênio, dióxido de carbono, ácido fórmico, metanol, metilaminas e monóxido de carbono (CHERNICHARO, 1997). Elas são divididas em dois grupos principais: um que forma metano a partir de ácido acético ou metanol (bactérias acetoclásticas, responsáveis por 60-70% de toda a produção de metano a partir do grupo metil do ácido acético), e o segundo que produz metano a partir do hidrogênio e dióxido de carbono (hidrogenotróficas, constituída por uma gama bem mais ampla de espécies do que as acetoclásticas). Esses dois grupos de bactérias são responsáveis pelo consumo de hidrogênio das fases anteriores.

“A produção de metano (60 a 70% do biogás), depende diretamente da degradação dos ácidos graxos voláteis (AGV), não estando ligada à concentração de ácido acético.” (BELLI Fº, 1995).

“A digestão anaeróbia é um processo que envolve vários microrganismos que convivem em um ambiente em que um produto metabólico de um microrganismo é o substrato de outro, devendo funcionar em perfeita harmonia. Portanto, para otimização do processo os fatores ambientais devem ser apropriados para todas as espécies participantes, sendo as Arqueas metanogênicas as de maior exigência. Condições ambientais de pH em torno de 7, temperatura na faixa mesofílica e ambiente anaeróbio estrito, são condições tidas como ótimas para o processo.” (CHERNICHARO, 1997).

O esquema na Figura 8 apresenta as fases da digestão anaeróbia.

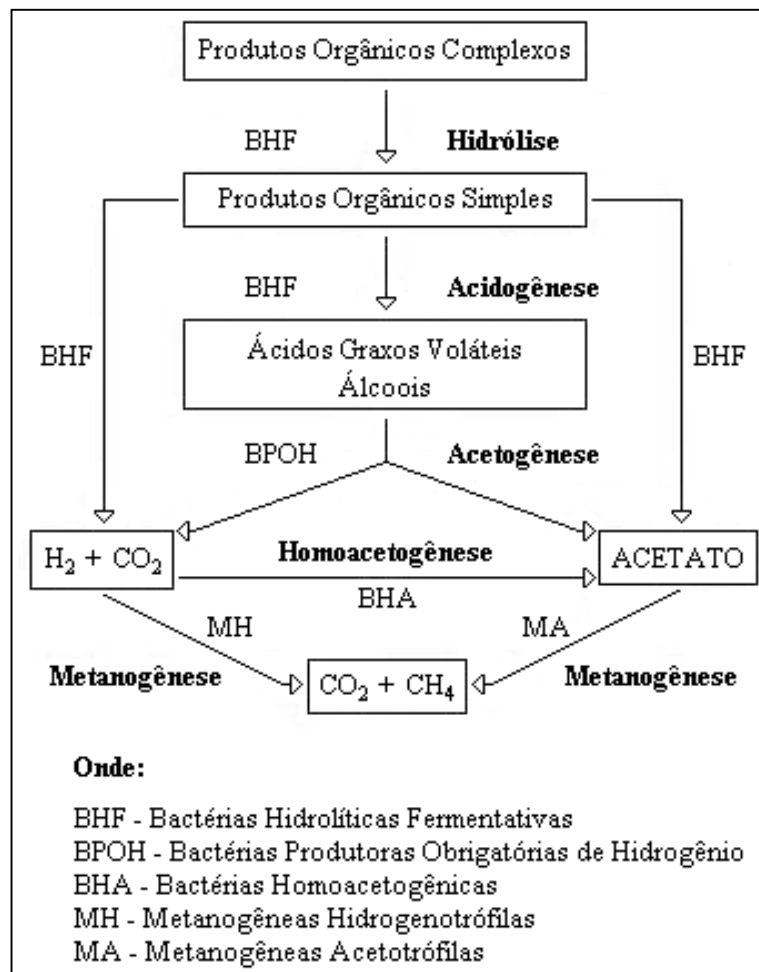


Figura 8 – Representação esquemática do processo de digestão anaeróbia.

Fonte: BELLI Fº (1995).

Quanto à temperatura, o processo pode ocorrer numa faixa de 10°C a 60°C, de acordo com o tipo de bactéria: bactérias criofílicas, que atuam a temperaturas inferiores a 20°C, bactérias mesofílicas, a temperaturas entre 30°C e 40°C e bactérias termofílicas, entre 45°C e 60°C.

Conforme Chernicharo (1997), “[...] quando há acréscimos na temperatura, as reações biológicas se processam muito mais rapidamente, resultando em uma operação mais eficiente e tempo de retenção menor”.

Dois níveis de temperatura ótimos para a digestão anaeróbia foram estabelecidos:

Mesofílica: a faixa de temperatura situa-se entre 30 a 37°C;

Termofílica: a temperatura ideal é de cerca 50°C.

Devido à baixa atividade dos microrganismos anaeróbios em temperatura abaixo de 20°C, a aplicabilidade da tecnologia anaeróbia depende diretamente da temperatura dos esgotos. A temperatura afeta os processos de fermentação através das taxas de reação e difusão do substrato.

A temperatura interna do biodigestor, mantida na faixa de 33°C, permite um nível excelente na produção de biogás.

Biodigestores com sistemas de aquecimento e recirculação de efluente podem produzir mais biogás por metro cúbico de dejetos tratados e manter a estabilidade do sistema durante as quedas de temperatura ambiente.

3.9 – Composição do Biogás

Segundo Oliveira e Otsubo (2002), a mistura dos gases que constituem o biogás é resultante do tipo de material orgânico degradado biologicamente. A tabela 5 mostra a composição dos gases que formam o biogás.

Tabela 5 – Composição média dos constituintes do Biogás

GASES	PORCENTAGEM %
Metano (CH ₄)	55 - 80
Gás carbônico (CO ₂)	24,8 - 60
Nitrogênio (N ₂)	Até 5
Oxigênio (O ₂)	Até 1
Hidrogênio (H ₂)	1 – 10
Gás sulfídrico (H ₂ S)	Até 3
Monóxido de carbono (CO)	0,1
Outros gases	Traços

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA E OTSUBO (2002)

O poder calorífico do biogás, dentre outros parâmetros termodinâmicos depende da proporção de metano (CH₄) em sua composição, citado por (AVELLAR, 2001). Segundo Zago (2003), o poder calorífico do biogás atinge de 5.000 a 7.000 kcal/m³. A tabela 6 demonstra a variação do poder calorífico do biogás, em função da concentração de metano.

Tabela 6 – Variação do Poder calorífico em relação à composição do biogás.

Composição Química do Biogás	Peso Específico (kg/ m ³)	Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)	Poder Calorífico Inferior (kcal/m ³)
10% CH ₄ , 90% CO ₂	1,8393	465,43	856,06
40% CH ₄ , 60% CO ₂	1,4643	2.338,52	3.424,30
60% CH ₄ , 40% CO ₂	1,2143	4.229,98	5.136,46
65% CH ₄ , 35% CO ₂	1,1518	4.831,14	5.564,50
75% CH ₄ , 25% CO ₂	1,0268	6.253,01	6.420,60
95% CH ₄ , 05% CO ₂	0,7768	10.469,60	8.132,78
99% CH ₄ , 01% CO ₂	0,7268	11.661,02	8.475,23

Fonte: Avellar (2001).

3.10 – Produção de biogás

A tabela 7 demonstra a geração de biogás a partir de diferentes tipos de dejetos animais.

Tabela 7 – Potencial de geração de biogás a partir de diferentes resíduos orgânicos animais.

Animal (Peso vivo)	kg esterco/animal.dia	m ³ biogás/kg esterco	m ³ biogás/animal.dia
Bovino (500Kg)	10-15	0,038	0,36
Suíno (90kg)	2,3-2,8	0,079	0,24
Aves (2,5Kg)	0,12-0,18	0,050	0,014

Fonte: Oliveira *et al*, (1993).

A tabela 8 apresenta valores referentes ao biogás gerado, expresso em relação aos Sólidos Voláteis removidos e a DQO removida no processo anaeróbio, para distintos sistemas de produção. Os valores foram obtidos da pesquisa realizada por (GUSMÃO, 2008), em 13 reatores anaeróbios instalados em diferentes partes do estado de Santa Catarina, avaliados pelo período de um ano.

Tabela 8 – Média e desvio padrão da produção de biogás e de CH₄, em função de DQO e Sólidos Voláteis removidos.

Sistema de Produção	m ³ Biogás/kg SV _{removido}	m ³ CH ₄ /kg SV _{removido}	m ³ Biogás /kg DQO _{removido}	m ³ CH ₄ /kg DQO _{removido}
CC	0,67 ± 0,42	0,47 ± 0,29	0,25 ± 0,07	0,18 ± 0,05
UPL	2,97 ± 1,84	2,08 ± 1,31	0,71 ± 0,41	0,49 ± 0,28
CT	2,45 ± 1,84	2,08 ± 1,07	1,55 ± 1,02	1,03 ± 0,69

Fonte: Gusmão (2008).

3.11 – Aplicações do biogás e equivalente energético

O biogás pode fornecer energia para sistemas de aquecimento de água, ambientes ou gerar energia elétrica através do seu uso como combustível em motores acoplados a geradores elétricos.

Conforme o Centro Tecnológico de Minas Gerais, CETEC (1982), a tabela 9 revela o consumo de biogás em algumas atividades e compara 1 m³ de biogás com outros combustíveis.

Tabela 9 – Consumo de biogás e comparativo com outros combustíveis

Utilização:	Consumo
- Cozinhar	0,33 m ³ /dia/pessoa
- Iluminação com Lampião	0,12 m ³ /hora/lampião
- Chuveiro a Gás	0,8 m ³ /banho
- Incubador	0,71 m ³ /m ³ Espaço Interno/hora
- Motor Combustão Interna	0,45 m ³ /Hp/hora
- Aquecedor Água a 100°C	0,08 m ³ /litro
- Gerar eletricidade (1kWh)	0,62 m ³
Podemos comparar um metro cúbico de biogás com:	
- 0,61 litro de gasolina;	- 1,53 Kilo de lenha;
- 0,58 litro de querosene;	- 0,79 litro de álcool hidratado;
- 0,55 litro de diesel;	- 1,43 kW.
- 0,45 litro de gás de cozinha;	

Fonte: CETEC (1982)

3.12 – Sistemas de Purificação do biogás

De acordo com Pergher (2006) o gás sulfídrico (H₂S) deve ser retirado devido a sua toxicidade e seu poder corrosivo, o qual pode destruir equipamentos de queima ou geração. Existem várias maneiras para realizar a purificação do biogás retirando o H₂S, dentre elas:

- **Retirada por meio químico a seco:** é realizada através de um leito de palha de aço oxidada pelo qual passa o gás sulfídrico, sendo que 1 kg de óxido de ferro remove em torno 0,64 kg de H₂S. O óxido de ferro pode ser regenerado pela passagem de ar no seu interior, pois a reação é altamente exotérmica, sendo necessário controlar a entrada de ar para evitar incêndios. A forma mais comum para realizar este tipo de purificação é a utilização de limalha de ferro oxidada (coberta de ferrugem).

- **Método de retirada biológico:** utilizado para remover H₂S de fluxos elevados de biogás, com capacidade para produzir até 50 toneladas de enxofre por dia. A absorção do H₂S ocorre em meio levemente alcalino (pH entre 8 –9), permitindo que uma fração líquida seja produzida e direcionada para o bioreator, onde o sulfeto é oxidado por bactérias produzindo enxofre puro, que pode ser reutilizado.

- **Método de retirada por meio físico:** Baixar a temperatura de 30°C para 15°C, a umidade se condensa juntamente com o Gás Sulfídrico, tornando o biogás mais puro e leve. A água gerada no processo deverá ser conduzida em tubulações plásticas para evitar a corrosão de outros materiais.

3.13 – Tratamento Centralizado

Os biodigestores anaeróbios modernos, denominados avançados ou não-convencionais, possuem um elevado desempenho em virtude da organização eficiente dos microrganismos anaeróbios e sua retenção no reator, que permitem a obtenção de reatores de altas cargas orgânicas, baixos tempos de detenção e volumes reduzidos. Nestes reatores, os microrganismos são retidos como agregados de bactérias (reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo), como biofilme sobre o material suporte (filme fixo e reatores de leito fluidificado) ou como ambos, agregados e em biofilme (filtros anaeróbios).

A figura 9 exemplifica uma unidade de tratamento centralizado, com a purificação do biogás, cogeração de energia e diversos fins para o produto da biodigestão.

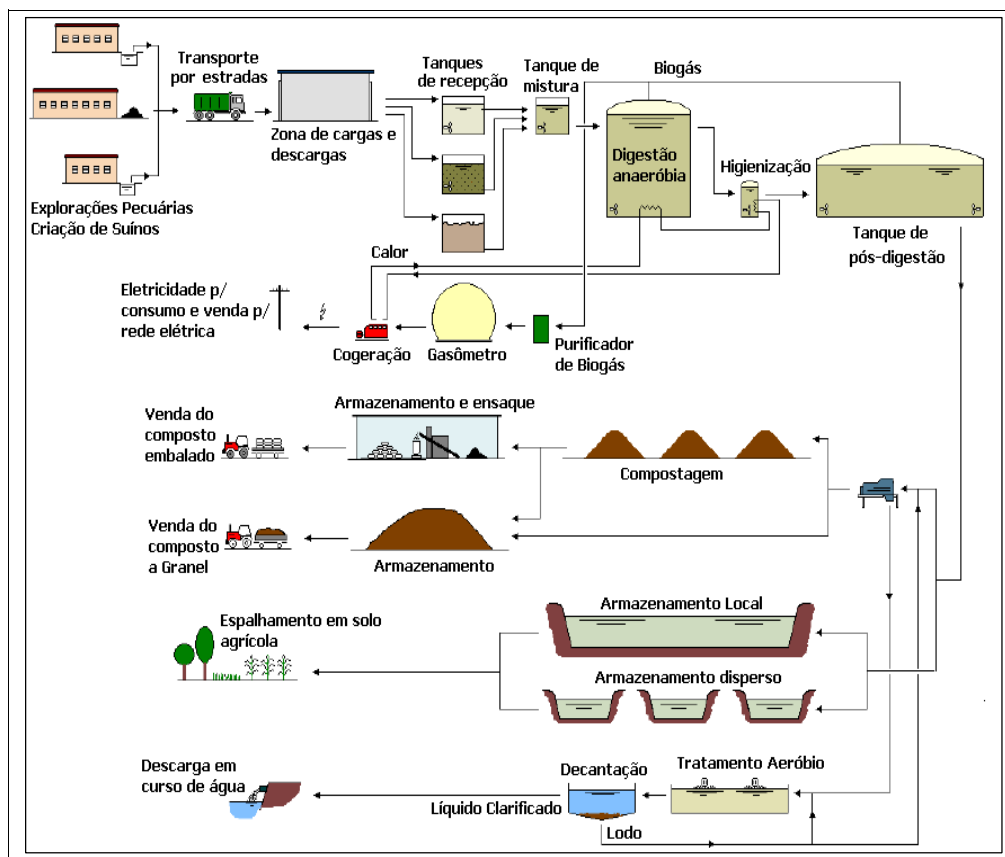


Figura 9 – Unidade de tratamento Centralizada/Coletiva

Fonte: ADENE (2003);

Um aspecto importante para a produção de biogás é o estado do substrato: quanto mais fresco, maior a produção de metano e menor a tendência para a acidificação. O recolhimento dos resíduos deverá ser planejado no sentido de otimizar o tempo e recursos despendidos nessa operação.

Uma instalação centralizada requer a adoção de um sistema de controle de qualidade dos substratos e regras sanitárias específicas. Recomenda-se que as superfícies externas dos veículos de transporte sejam lavadas regularmente e o interior dos tanques lavado e desinfetado entre cada transporte.

3.14 – Tratamento Descentralizado

A complexidade da gestão de um sistema de tratamento com geração de biogás aumenta com a respectiva escala. Uma instalação individual, onde os resíduos são gerados por uma única fonte controlada e os produtos são utilizados no próprio local, é menos difícil de operar do que um sistema centralizado, no qual, às questões técnicas envolvidas aumentam suas exigências para um funcionamento eficaz do sistema.

Os rendimentos obtidos serão menores, devido aos custos elevados de equipamentos de purificação, agitação, aquecimento, controle e geração de energia.

3.15 – Biofertilizante

O biofertilizante, resultado do tratamento dos dejetos, é uma fonte de macro e micronutrientes, principalmente o Nitrogênio e Fósforo (principais componentes dos adubos industrializados). Além disto, tem grande facilidade de imobilização pelos microorganismos no solo devido ao avançado grau de decomposição. Os principais efeitos do adubo orgânico no solo são uma melhor estruturação, maior capacidade de retenção-hídrica, maior atividade microbiana, maior solubilização dos nutrientes do solo e a redução nos processos de erosão.

Por causa da ação das bactérias anaeróbias o adubo orgânico se apresenta rico em nutrientes e isento de mau cheiro, possuindo excelente qualidade, não atraindo moscas e outros insetos, sendo livre de agentes transmissores de doenças.

São reconhecidos os excelentes resultados que se obtêm pela utilização desse material como biofertilizante em culturas agrícolas. Opcionalmente, se for da conveniência do produtor, o adubo digerido pode ser bombeado ainda em estado fluído até o local de utilização e lançado ao solo sem nenhum inconveniente para as plantações.

A redução da quantidade de água nos dejetos é fundamental, pois a concentração de nutrientes do esterco está diretamente relacionada com o teor de matéria orgânica. Um esterco com baixo teor de matéria orgânica significa altos custos para a adubação, sendo maiores os custos de armazenamento, transporte e distribuição.

Uma alternativa para determinação do teor de matéria seca e nutrientes do esterco está relacionada com a densidade do dejetos líquido. Conforme o anexo I, encontramos o percentual de nitrogênio, fósforo e potássio para cada densidade de esterco suíno. Dados retirados do Estudo sobre Qualidade do Adubo Suíno, produzido por SCHERER (2001) no laboratório do CEPAF/EPAGRI-Chapecó.

O nitrogênio amoniacal, forma de fácil assimilação pelas plantas, está presente em 2/3 do nitrogênio constituinte dos dejetos líquidos (esterco + urina). Sendo que a fração N-amoniacal é facilmente perdida por volatilização de amônia, quando realizado a aspersão do adubo na lavoura em dias de alta temperatura, com vento e com pH elevado do dejetos e do solo.

No solo a forma amoniacal passa rapidamente para nitrato, que também é assimilável pelas plantas, contudo na forma de nitrato o nitrogênio é mais facilmente lixiviado pelas águas da chuva. Assim, parte do nitrogênio aplicado na adubação em ano chuvoso é carregado para as camadas mais profundas do solo ou mesmo para as águas superficiais e subterrâneas. Apenas 1/3 do nitrogênio dos dejetos suínos

líquidos encontra-se numa forma mais estável e menos sujeito a perdas por volatilização e lixiviação no solo.

A maior parte do fósforo dos dejetos suínos está na forma orgânica e necessita ser mineralizada para ficar disponível às plantas.

O potássio constituinte dos dejetos está prontamente disponível às plantas, logo após sua aplicação.

O fósforo e o potássio são menos móveis no solo, assim menos sujeito a perdas do que o nitrogênio. O fósforo é praticamente imóvel e acumula na camada superficial do solo; o potássio apresenta uma maior mobilidade, porém também acumula nas camadas superficiais do solo. Ambos os elementos são fortemente fixados e adsorvidos pelas partículas do solo, desta forma não constituem maiores fontes de contaminação dos recursos hídricos.

O aumento na disponibilidade destes elementos nas camadas superficiais do solo constituirá um problema de desequilíbrio nutricional nas plantas, ao longo dos anos.

Assim, a reciclagem de esterco suíno na agricultura favorece a melhoria da fertilidade do solo, o aumento da produtividade das culturas e a proteção ambiental do solo e dos recursos hídricos.

3.16 – Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito

A cidade de Braço do Norte possui diversas atividades industriais urbanas e agropecuárias. A suinocultura é uma importante fonte de renda desenvolvida nas comunidades situadas na Sub-Bacia do Rio Coruja/Bonito, sendo a atividade desenvolvida em grande parte das pequenas propriedades rurais da região. O tratamento inadequado dos dejetos, o lançamento sem controle de vazão do fertilizante nas áreas de lavoura e a declividade acentuada da região são fatores que revelam a grande quantidade de poluição dos recursos hídricos da sub-bacia considerada.

Segundo EPAGRI/CIRAM (2000), embora a região da Sub-Bacia do Rio Coruja/Bonito localiza-se numa região econômica e socialmente desenvolvida de Santa Catarina, contudo não foge à regra no que diz respeito aos problemas de caráter ambiental, social e econômico encontrados em diversas regiões do Estado.

O perfil do Vale formado pelo rio Coruja/Bonito em “V” faz com que os terrenos possuam altos índices de declividade, ampliando os riscos de contaminação das águas do rio e afluentes.

A maioria dos produtores, situados na sub-bacia do Rio Coruja/Bonito, desenvolve a produção do tipo ciclo completo. Ou seja, na mesma propriedade são executadas todas as etapas de desenvolvimento dos animais, desde a inseminação dos reprodutores até a engorda e venda para o abate.

Considerando que o Município de Braço do Norte possui a segunda maior concentração de suínos do planeta, os problemas ambientais decorrentes dessa atividade na região atingem dimensões preocupantes, evidenciando a necessidade de medidas urgentes para reduzir a poluição.

No Anexo II, observa-se a localização das propriedades dentro da Bacia hidrográfica em estudo, o mapa é parte do inventário das terras da sub-bacia hidrográfica do rio Coruja/Bonito. Elaborado por (EPAGRI, 2000).

3.17 – Localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito

A sub-bacia do Rio Coruja/Bonito, que pertence à bacia hidrográfica do Rio Tubarão, localiza-se no Sudeste de Santa Catarina, tendo como principal município Braço do Norte.

A área total da sub-bacia do Rio Coruja/Bonito corresponde a 52 km², a amplitude máxima é 540m e a mínima 40m; localiza-se na parte sudeste-leste do município de Braço do Norte, região sul de Santa Catarina. As nascentes do rio Coruja situam-se próximo à comunidade de Pinheiral e o rio segue atravessando grande parte da área rural do município. Próximo à foz, onde já é chamado de Rio Bonito, atravessa o perímetro urbano.

A figura 10 apresenta a área de estudo, situada entres as coordenadas geográficas sul 28°10'13'' de latitude, oeste 49°03'54'' de longitude e sul 28°18'22'' de latitude e oeste 49°09'50'' de longitude.

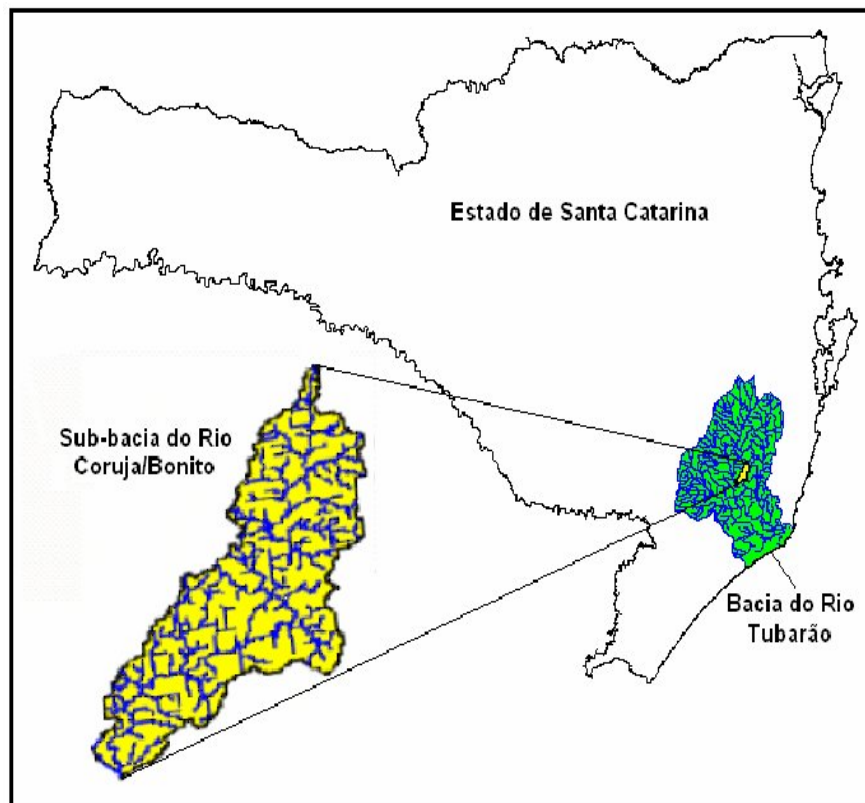


Figura 10 – Localização da sub-bacia do Rio Coruja/Bonito, área de estudo.
Fonte: Epagri (2000).

3.18 – Características Físicas da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito

O fato do vale formado pelo rio Coruja/Bonito apresentar grande parte das encostas com acentuada declividade, causa limitações para o uso agrícola. Segundo as cartas do IBGE, percebe-se que as declividades são maiores na parte central/jusante da bacia (comunidade de Santo Antônio), e menores próximo às cabeceiras/parte central (comunidades de Pinheiral e Baixo Pinheiral) e parte urbana (comunidade de rio bonito) (HADLICH, 2004).

As análises da declividade, ao longo da sub-bacia, foram também identificadas pela EPAGRI/CIRAM (2000) por meio do sistema de curva hipsométrica da bacia. Na tabela 11 são evidenciadas algumas características físicas do Rio Coruja/Bonito.

Tabela 10 – Características físicas da bacia hidrográfica do rio Coruja/Bonito

Parâmetro	Atributo
Área de drenagem	52,0 km ²
Perímetro da Bacia	44,36 km
Coefficiente de compacidade	1,72
Comprimento axial da Bacia	15,9 km
Fator de forma	0,20
Comprimento do rio principal	24,60 km
Comprimento total dos cursos d'água	135,9 km
Densidade de drenagem	2,61 km/km ²
Índice de sinuosidade do curso d'água	36,21%
Ordem da Bacia (segundo Sthraler)	4 ^a
Extensão média do escoamento superficial	0,095 km
Declividade média	19,32%
Altitude máxima	540 metros
Altitude média	303,8 metros
Altitude mínima	40 metros
Tempo de concentração	5 horas

Fonte: EPAGRI (2000)

O sistema de drenagem do rio Coruja/Bonito é significativamente desenvolvido, tendo-se como base a ordem e a densidade de drenagem. O índice de sinuosidade do curso principal d'água permite classificar o rio como divagante, dando uma noção de heterogeneidade do embasamento rochoso, evidenciando possibilidade de ocorrência de áreas de deposição e prováveis áreas de erosão dos cursos d'água. O índice de compacidade distante da unidade e os valores de fator de forma baixo indicam áreas não sujeitas a enchentes persistentes (EPAGRI, 2000).

Conforme enquadramento estabelecido pela Portaria Estadual 024/79 o Rio Coruja/Bonito, em Braço do Norte/SC, é classificado como Classe 2, ou seja: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças e/ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (Decreto n°. 14.250/81; FATMA, 1999). Este enquadramento deve estar baseado não necessariamente no estado atual do curso d'água, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade; e expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação (Resolução n°. 357 . CONAMA, 17/03/05).

Os solos predominantes na bacia são o Nitossolo, com horizonte B textural e baixa fertilidade, podendo ser álicos; o Cambissolo, com profundidade variável; e o Neossolo Litólico, caracterizados por serem rasos e normalmente pedregosos. Esses tipos de solo, em sua maior parte, apresentam restrições para a produção agrícola, sobretudo quando associados a declividades acentuadas. No anexo III, consta um mapa fisiográfico da sub-bacia hidrográfica do rio Coruja/Bonito (EPAGRI, 2000).

A precipitação total anual média da região é de 1.471mm, com a seguinte distribuição: 32% no verão, 23% no outono, 20% no inverno e 25% na primavera. Os meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro e março, sendo fevereiro o mês com maior precipitação média mensal, com valor de 167,8mm (EPAGRI, 2000).

Com base nesses índices de precipitação, percebe-se que durante os meses de janeiro, fevereiro e março os devidos cuidados em relação ao manejo do solo e espalhamento de dejetos, necessitam serem tomados na área do estudo.

No ano de 2000, a atividade suinícola na bacia compreendia 49 propriedades com granjas de suínos, 17 abatedouros de suínos e 2 Beneficiamentos de carne suína. Muitas dessas propriedades associam a produção de suínos com a produção de gado de leite. Porém, em pesquisas realizadas em 2006, verificou-se que o número de granjas aumentou para 63 propriedades. Contudo, alguns produtores aguardam um momento oportuno para voltar à criação de suínos.

Análises de água realizadas por EPAGRI, 2000 *apud* (HADLICH, 2004), evidenciaram a poluição dos rios na bacia por coliformes totais e fecais, à quantidade de fosfatos, de nitratos, de sólidos totais e turbidez. Principalmente nos recursos hídricos de comunidades como Rio Bonito e Pinheiral, localizadas na bacia em estudo.

Conforme HADLICH (2004), o principal conflito local ocorre entre as atividades agropecuárias, representadas principalmente pela suinocultura, e a atividade turística em expansão. A incidência elevada de borrachudos e o desagradável odor de dejetos no ar e na água afetam moradores da bacia e os turistas que passam a conhecer as atividades campestres e o visual atrativo da região.

O fato do município não possuir um sistema de coleta adequado de esgoto, provoca o lançamento direto de esgotos domésticos no rio Coruja/Bonito próximo à foz.

O modo com têm sido tratados os recursos naturais, principalmente quanto à má qualidade das águas dos rios em virtude da poluição por dejetos suínos e esgoto doméstico nas redes de drenagem, é preocupante. No caso específico da sub-bacia do rio Coruja/Bonito os dejetos da suinocultura têm grande significado quanto à poluição dos recursos hídricos (EPAGRI, 2000).

Na tabela 12 apresentam-se as altitudes dos percentuais de área, bem como o uso destas áreas e as condições observadas na área de estudo.

Tabela 11 – Relação entre topografia e uso da terra

Cota	Total Área	Decliv. Média	Uso do Solo	Observações
< 80m	13%	8%	Agropecuária	Manutenção de canais e drenagem.
80-300m	27%	30%	Restrição a culturas anuais. Aptidão para fruticultura e reflorestamento	Condições críticas ao processo de drenagem
320-520m	60%	10%	Restrições à agricultura, pecuária e reflorestamento	Existência de diversas nascentes hídricas. Preservação e recuperação da cobertura vegetal natural.

Fonte: Epagri (2000).

3.19 – Risco Ambiental na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito

No Anexo IV, são mostradas as áreas de risco ambiental e potencialmente poluídas, o mapa é parte do inventário das terras da sub-bacia hidrográfica do rio Coruja/Bonito. Elaborado por EPAGRI (2000).

3.20 – Proximidade das Granjas e Esterqueiras dos Recursos Hídricos

Com relação à proximidade das granjas com a rede de drenagem, apresentamos os dados obtidos por EPAGRI (2000) na Tabela 13.

Tabela 12 – Proximidade das granjas e esterqueiras com a rede de drenagem.

Dist.Redre Dren.(m)	Granjas	Sistema Tratamento	Rebanho Total de Cabeças	Total/Dejeto m³/Mês	Total/Dejeto m³/Ano	% Dejeto
0 – 30	22	24	25.000	6.700	80.235	47
30 – 60	15	22	19.200	4715	56.560	33
60 – 90	5	11	3.700	1.000	11.760	7
90 – 120	3	2	2.500	600	7.250	4
> 120	4	8	4.600	1.200	14.775	9
TOTAL	49	67	55.000	14.215	170.580	100

Fonte: Epagri (2000).

Conforme os dados analisados, verifica-se que 47% dos dejetos armazenados estão em desacordo com a Legislação Ambiental, ou seja, as esterqueira e as granjas encontram-se a uma distância inferior a 30 metros do rio. Portanto, o descumprimento desde requisito legal, determina que os riscos de poluição aumentem, pois em caso de chuva, higienização das instalações e transbordamento das esterqueiras ou outro acidente, os dejetos rapidamente encontram a rede de drenagem, ocasionando poluição nas águas dos rios e córregos.

3.21 – Declividade e Perda de Solo

Segundo Epagri (2000), a declividade torna-se muito importante na hora da instalação de uma granja de suínos, pois, em caso de vazão ou transbordamento, os dejetos alcançam rapidamente os cursos d'água. Também têm influência na erosão dos solos e escoamento de dejetos que são distribuídos no solo.

A Tabela 14 expõe os dados de declividade para a sub-bacia em estudo.

Tabela 13 – Proximidade das granjas com a rede de drenagem.

Classes de Declividade (%)	Área em (há)	%	Granjas	Sistemas de Tratamento
0 a 8	2.842,5	54	39	47
8 a 13	952,5	18	5	11
13 a 20	881,7	17	4	7
20 a 45	575,0	11	1	2
> 45	6,8	0,1	0	0
Total	5.258,5	100	49	67

Fonte: Epagri (2000)

As áreas com maior número das instalações (39 granjas) estão em locais com declividade de 0% a 8% em relevo plano uniforme ou suave ondulado uniforme, representando 54% da área de estudo. Com 8 a 13% de declividade, com relevo suave ondulado dissecado e ondulado uniforme, 5 granjas e 11 sistemas de tratamento, representando 18% da área de estudo.

Com declividade de 13 a 20%, em relevo suave ondulado muito dissecado, estão presentes 4 granjas e 7 sistemas de tratamento, representando 17 % da área. Com declividade de 20 a 45%, em relevo muito dissecado e forte ondulado, representando 11% da área de estudo, existe 1 granja e 2 sistemas de tratamento. Para terrenos com mais de 45% de declividade não foram encontradas granjas e nem sistemas de tratamento.

Conforme Vieira (2008), as erosões provocadas nos solos têm como fatores principais a declividade, o comprimento de rampa e o uso dos solos.

A erosão dos solos provoca o assoreamento de cursos d'água, reservatórios e perda da fertilidade. Na área de estudo, destaca-se como um dos importantes problemas ambientais e econômicos, pois parte do material contaminado com dejetos suínos será depositado nos cursos d'água.

Na sub-bacia do Rio Coruja/Bonito predominam as classes de perda de solo classificadas como: muito baixa (2.272ha ou 43,23%), seguida pelas classes muito alta (1.079ha ou 20,53% da área) e baixa (1.001 ou 19,04%). As classes de interpretação média e alta apresentam menor ocorrência, ocupando respectivamente 9,46% e 7,72% da área. Na Tabela 15, apresentamos as ocorrências das classes espacialmente.

Tabela 14 – Perdas de solos na sub-bacia do Rio Coruja/Bonito.

Perdas de Solo (t/ha/ano)	Classes de perda	Área (há)	% da área total
0 – 3	Muito baixa	2.272	43,23
3,01 – 5	Baixa	1.001	19,04
5,01 – 7	Média	497	9,46
7,01 – 16	Alta	406	7,72
> 16	Muito alta	1.079	20,53
Total		5.225	100

Fonte: Vieiras (2007).

Considerando apenas a perda efetiva determinada como sendo aquela que está acima do tolerável para os tipos de solo da sub-bacia, tem-se uma área com erosão correspondendo acima do tolerável em 1.485ha ou em 28,25% da área da sub-bacia.

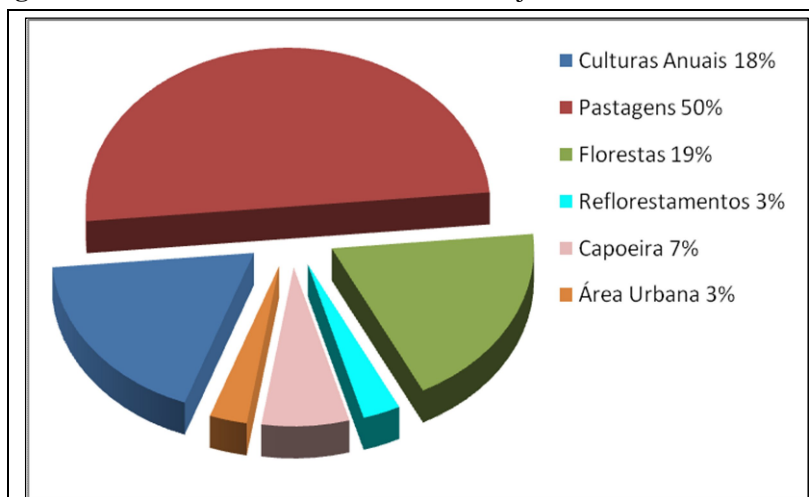
3.22 – Uso do solo

Com relação ao uso do solo, destaca-se a importância de culturas anuais, campos e reflorestamentos numa bacia com intensa criação de suínos, pois são áreas com potenciais para o recebimento de dejetos, observando as características fisiográficas do solo e a taxa de aplicação dos dejetos.

Conforme levantamento realizado por EPAGRI (2000), as culturas anuais como feijão, milho e fumo representam 18% da sub-bacia, aproximadamente 50% estão ocupadas por campos e pastagens, as florestas ocupam somente 19%, apenas 3% do solo é ocupado por reflorestamentos, a capoeira ocupa 7% dos solos e a área urbana ocupa 3% do solo existente.

Os diversos percentuais de usos do solo na sub-bacia do Rio Coruja/Bonito podem ser visualizados na Figura 11.

Figura 11 – Uso do solo na sub-bacia Rio Coruja/Bonito.



Fonte: EPAGRI (2000)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração deste trabalho, foram realizadas visitas na Secretaria de Agricultura de Braço do Norte e pesquisas no cadastro rural das propriedades, verificamos o número de propriedades rurais inseridas na Bacia hidrográfica e o conjunto de granjas existentes na região. O cadastro rural das propriedades revelou o porte das granjas instaladas e sua capacidade de alojamento de animais.

Na figura 12 ilustramos espacialmente a distribuição do rebanho na área, classificando-o em cinco categorias de propriedades, conforme o número de animais alojados definimos o porte das granjas.

A metodologia para avaliar o potencial de geração de energia resultante da digestão anaeróbia de dejetos suínos, desenvolve-se sobre a estimativa da geração de dejetos suínos na área de estudo, sub-bacia do Rio Coruja/Bonito.

Consideramos o volume total de 170.000 m³/ano produzidos na sub-bacia hidrográfica em períodos de baixa ocupação das granjas com 55.000 animais alojados. Para uma taxa de ocupação média consideramos um volume total de 210.000 m³/ano com 69.000 animais alojados. Para uma taxa de ocupação alta, indicando um momento favorável de mercado, consideramos um volume total de 250.000 m³/ano, tendo 83.000 animais alojados. Sendo o equivalente a 8,33litros de dejetos por animal/dia.

Para estimar o plantel existente, utilizamos os números oficiais da criação de suínos existentes no município de Braço do Norte, através dos dados adquiridos no Levantamento Agropecuário Catarinense (LAC, 2006).

Avaliamos o potencial de geração de energia na Sub-Bacia, considerando a existência de dois cenários teóricos. Primeiramente a geração realizada de forma centralizada, através de Usina Geradora de Energia associadas a digestores anaeróbios não convencionais, ou seja, unidades industriais e complexas para o tratamento dos dejetos existentes em toda a extensão da bacia. Outra possibilidade é o tratamento descentralizado, ou seja, aplicando-se biodigestores convencionais em cada propriedade rural para o tratamento dos efluentes gerados pelas próprias granjas. Cada panorama terá características peculiares, tanto para seu funcionamento quanto para sua aplicação.

Para determinar o potencial de produção metano gerado a partir da biodigestão deste efluente, utilizaremos como base o estudo de Gusmão (2008), que aponta a produção de biogás e metano na redução de DQO e Sólidos voláteis (SV), considerando a maioria dos biodigestores estudados.

Para a caracterização dos dejetos brutos, considerou-se a composição em BELLI F^o *et al* (2001): DQO = 35 g/l, DBO= 15 g/l, ST = 29 g/l, SVT = 18 g/l, NTK = 3,7 g/l e PT = 1,2 g/l.

Aplicando a vazão anual estimada com os valores de referência acima, encontramos a carga aplicada nos teóricos reatores anaeróbicos para a conversão deste efluente em biogás.

A taxa de conversão entre a DQO removida e a produção de biogás será de **0,35 m³ CH₄ / kg DQO_{removida}**, conforme demonstrado na Equação (2).

Os seguintes parâmetros foram considerados para o dimensionamento e a determinação do potencial de geração de energia:

- Vazões anuais estimadas do dejetos = 170.000m³ – 210.000m³ – 250.000m³;

- Vazões diárias estimadas do dejetos = $465\text{m}^3 - 575\text{m}^3 - 685\text{m}^3$;
 - Característica do efluente DQO = 35 (g/l);
 - Biodegradabilidade da matéria orgânica de 75%;
 - Fração de 5% da DQO utilizada para o crescimento das bactérias no reator;
 - Poder calorífico do Biogás para o sistema centralizado, $1\text{m}^3 \text{CH}_4 = 8.130 \text{ kcal}$;
 - Poder calorífico do Biogás para o sistema descentralizado, $1\text{m}^3 \text{CH}_4 = 5.500 \text{ kcal}$;
 - Relação entre kWh para Joule, $1 \text{ kW/h} = 3.600 \text{ k Joules(J)}$;
 - Conversão entre unidade térmica inglesa (BTU) = 1.055,06 Joules(J);
- Para o sistema descentralizado, consideramos a utilização de um gerador tipo Motor AP VW 2.000, com conversão de metano para eletricidade de 2 kW/h e cogeração térmica de 20.000 kcal/hora;
- Para o sistema centralizado, consideramos a utilização de um gerador tipo Motor MWM 6.10 T, com conversão de metano para eletricidade de 3 kW/h e cogeração térmica de 37.000 kcal/hora;

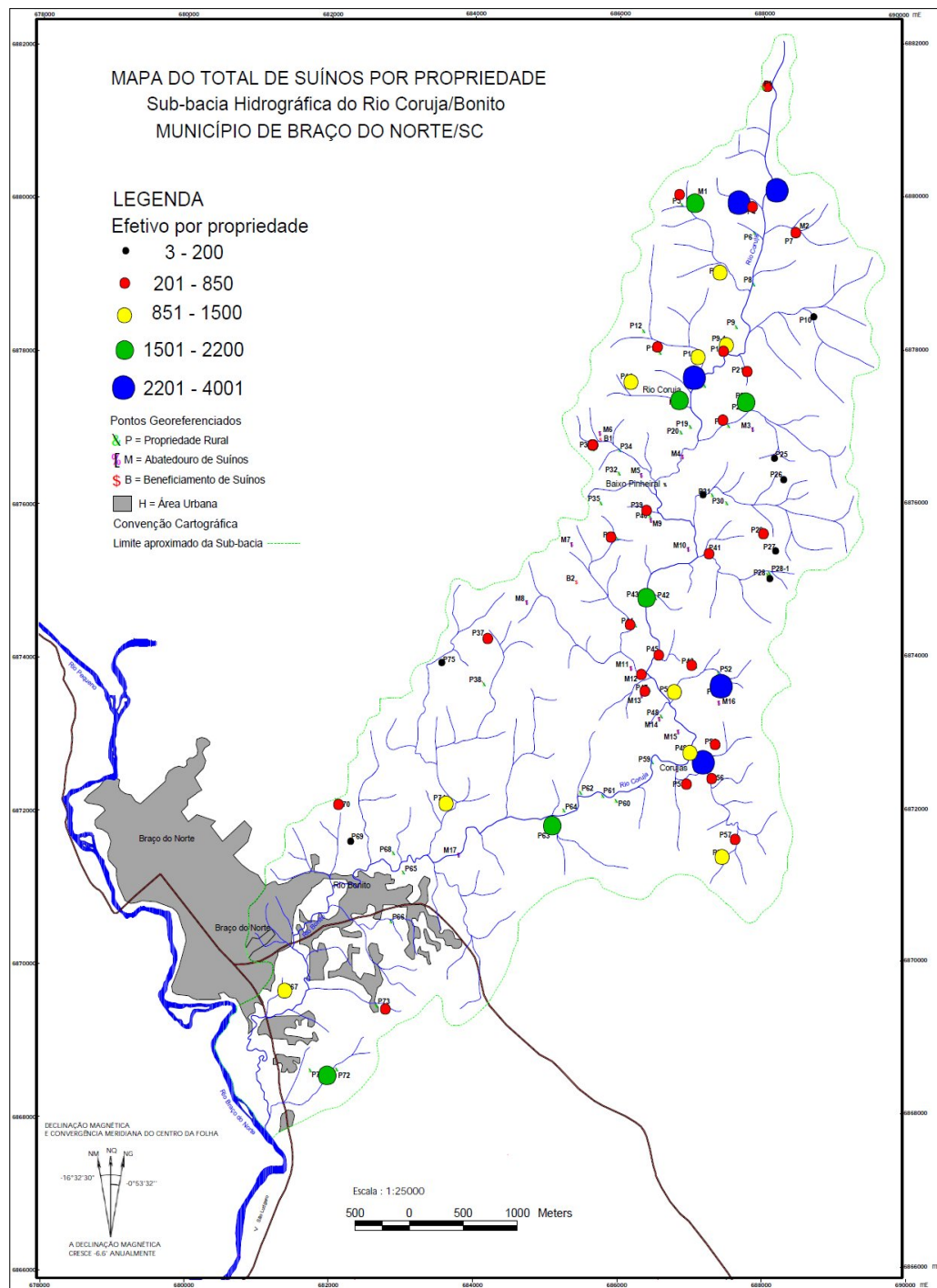


Figura 12 – Efetivo de suínos na área de estudo.

Fonte: Adaptado pelo Autor em Abril/2009.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 – Configuração para o Sistema de Tratamento de Dejetos

O tratamento poderá ser centralizado ou descentralizado. Cada qual com suas características específicas de funcionamento, rendimento, logística de transporte dos dejetos e biofertilizante, distribuição de energia, exigências legais, pontos favoráveis e desfavoráveis de projeto.

O tratamento centralizado permite a gestão dos dejetos de forma coletiva, um sistema de maior complexidade, dependente principalmente da logística de transporte dos dejetos da granja para a unidade de tratamento e geração de energia. A distribuição dos produtos aos participantes do sistema permite avaliar a capacidade de suporte do solo em toda área da bacia hidrográfica, o excedente de biofertilizante sofre um controle maior, sendo retirado da região quando necessário.

No tratamento descentralizado, a gestão é feita de forma individual. Cada propriedade deve ser monitorada afim de não exceder a capacidade de aplicação de biofertilizante na área disponível.

Vejamos na tabela 10, um comparativo entre os dois sistemas:

Tabela 15 – Comparação entre Tratamento Centralizado e Descentralizado

	Tratamento e Valorização Energética de Dejetos Suínos	
	Coletivo / Centralizado	Individual / Descentralizado
Eficiência	- Maior (70% - 85%)	- Menor (50% - 65%)
Supervisão do sistema	- Complexa (único ponto)	- Simples (pontos diversos)
Ponto crítico	- Logística de transporte dos dejetos até a ETE; - Distribuição da energia; - Distribuição do Biofertilizante; - Exigência legal / Avaliação Impacto Ambiental.	- Controle Operacional;
Ponto favorável	- Controle Operacional; - Purificação do Biogás; - Gestão do excedente de biofertilizante e lodo gerado.	- Energia aplicada diretamente na granja; - Biofertilizante disponível na propriedade;
Conversão elétrica	- $1\text{m}^3 \text{CH}_4 = 3 \text{ kW/h}$	- $1\text{m}^3 \text{CH}_4 = 2 \text{ kW/h}$
Conversão térmica	- $1\text{m}^3 \text{CH}_4 = 8.130 \text{ kcal}$	- $1\text{m}^3 \text{CH}_4 = 5.500 \text{ kcal}$
Pureza do Biogás	- 95% CH_4	- 65% CH_4 (Filtragem opcional)

5.2 – Tipos de Produção de suínos na Sub-Bacia Hidrográfica

Para a área de estudo, conforme se verifica na Figura 13, a predominância do tipo de produção é a de ciclo completo (CC), com 73% das granjas de suínos. Neste tipo de criação o poder poluente é o maior de todos os tipos, em virtude de que este modo realiza todo o ciclo de vida do animal.

A grande maioria dos produtores de suínos da Sub-Bacia do rio Coruja/Bonito, trabalha no sistema de ciclo completo para produção de suínos, ou seja, a atividade suinícola na área é intensa, como também a produção de dejetos oriundos dessa produção.

Observamos que 94% da produção seguem para pequenas indústrias de frios e salames da região, trazendo seus riscos crescentes de poluição ambiental. Apenas 6% da produção podem ser consideradas como de consumo próprio.

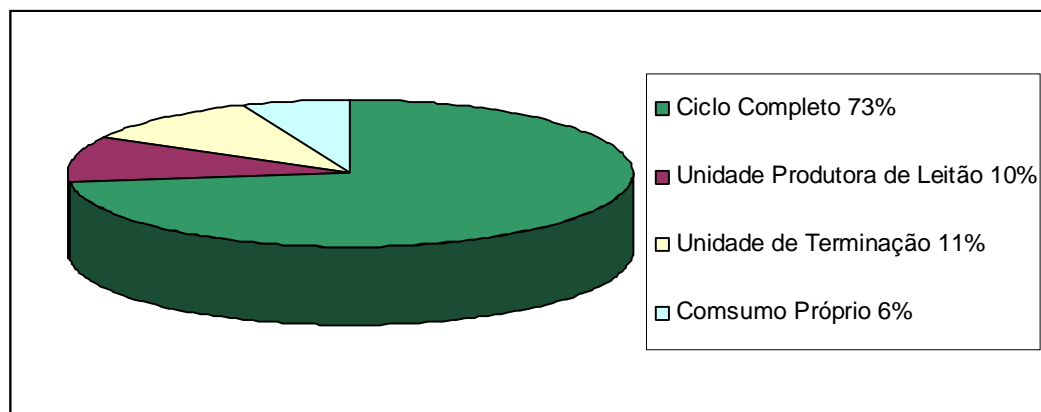


Figura 13 – Tipos de produção de suínos na Sub-Bacia do Rio Coruja/Bonito.

5.3 – Sistemas de Armazenamento na área da Bacia Hidrográfica

Durante os trabalhos de campo, verificou-se que a sub-bacia possui uma rica rede de drenagem, contudo, apresenta as suas margens completamente desmatadas e açudes represando suas águas em desacordo com a legislação.

Tendo-se como referência a instrução normativa IN-11 da FATMA, o dejetos deve ser armazenado na esterqueira, por 120 dias antes de ser espalhado sobre as áreas agrícolas, com taxa de aplicação máxima de 50m³ dejetos ha/ano. No entanto, na prática não é o que ocorre. O suinocultor não controla o tempo de armazenamento e a taxa de aplicação, utilizando na lavoura os dejetos quando a esterqueira está cheia ou quando percebe necessidade de adubação.

Durante saídas de campo, constatamos que o sistema de tratamento predominante é a esterqueira, pois é de fácil manejo e de baixo custo. Observamos que muitas esterqueiras não apresentam revestimentos internos para impermeabilização do solo, conforme ilustrado na figura 13, em propriedade localizada na bacia hidrográfica em estudo.

Algumas esterqueiras recebem coberturas para evitar a entrada de água da chuva, evitando transbordamentos e diluição dos dejetos. Na figura 14, mostramos uma esterqueira construída em alvenaria.

É típico encontrarmos, na sub-bacia estudada, granjas com suas esterqueiras mal localizadas, em estado avançado de deterioração, sem revestimento interno, com suas capacidades de recebimento de dejetos esgotadas ou subdimensionadas e completamente cheias.

Diante do exposto, concluímos que as péssimas instalações das granjas e seus sistemas de tratamentos de dejetos, localizados em áreas próximas aos cursos d'água são fatores decisivos para classificação da área como de risco ambiental.

Grande parte das propriedades suinícolas na área de estudo possuem problemas relacionados à construção e dimensionamento das esterqueiras, não atendendo às especificações com relação à capacidade de armazenamento.

A proximidade das granjas e esterqueiras com os cursos d'água, a declividade do terreno, as características do solo e seu uso, potencializam os riscos de poluição.

Observamos que a prática mais utilizada no preparo do solo é feita de maneira convencional, ou seja, com trator e arado. O reflorestamento é insuficiente em áreas e em relação ao montante de desmatamento, além de possuir caráter comercial e uso na propriedade. Os pastos representam metade do uso do solo na sub-bacia. Temos 81 % da área desmatada na área de estudo.

Verificamos que 81% da área da sub-bacia do rio Coruja/Bonito estão totalmente sob o domínio do efeito antrópico, ou seja, encontra-se ocupado por atividades humanas.

Na área de 5.200 hectares, que compreende a extensão da sub-bacia hidrográfica, apresenta 68 % de terras com disponibilidade p/ receber a adubação com os dejetos suínos. Ou seja, 3.536 hectares podem receber adubação.



Figura 14 – Esterqueira construída inadequadamente, sem impermeabilização do solo.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 15 – Esterqueira construída em alvenaria.
Fonte: Arquivo pessoal

5.4 – Tabelas com Potencial de Geração Elétrica e Térmica

Tabela 16 – Estimativa para o tratamento centralizado:

Fonte de consulta pesquisada		EPAGRI (2000)	LAC (2006)	Capacidade Total
Volume de dejetos	(m ³ /ano)	170.000	210.000	250.000
	(m ³ /dia)	465,75	575	685
Carga	(ton.DQO/ano)	5.950	7.350	8.750
	(ton.DQO/dia)	16,3	20,1	23,9
DQO	(g/litro)	35	35	35
Biodigestor com eficiência considerada de 80%	kg DQO/dia	9.292	11.478	13.623
Volume CH ₄	(m ³ /ano) x 10 ³	1.187	1.466	1.740
	(m ³ /dia)	3.252	4.017	4.768
Volume Biogás	(m ³ /ano) x 10 ³	1.383	1.629	1.934
	(m ³ /dia)	3.614	4.463	5.300
Geração de Energia Elétrica	MW/dia	9,756	12,051	14,304
	kW/hora	406,5	502,15	596,0
Cogeração Térmica Motor MWM 6.10T	Mcal/dia	2.785,5	3.440,2	4.085,4
	Mcal/hora	116,0	143,3	170,2
Geração de Energia Térmica	(Mcal/dia)	26.439	32.658	38.763,8
	(Mcal/hora)	1.102	1.361	1.615,1
Geração de Energia Térmica	(Mjoule/dia)	35.121,6	43.385,7	51.494,4
	(Mjoule/hora)	1.463,4	1.804,7	2.145,6
Geração de Energia Térmica	kBTU/dia	33.288	41.052	48.807
	kBTU/hora	1.387,03	1.710,5	2.033,6

Equivale a seguinte comparação:

- Considerando o consumo médio mensal de uma residência de 300 kW. Com a capacidade de geração diária desta fictícia estação de tratamento centralizado, poderemos abastecer entre 975 a 1.430 residências, para tratamento de 170.000m³/ano e 250.000m³/ano respectivamente.

Tabela 17 – Estimativa para o tratamento descentralizado:

Fonte de consulta pesquisada		EPAGRI (2000)	LAC (2006)	Capacidade Total
Volume de dejetos	(m ³ /ano)	170.000	210.000	250.000
	(m ³ /dia)	465,75	575	685
Carga	(ton.DQO/ano)	5.950	7.350	8.750
	(ton.DQO/dia)	16,3	20,1	23,9
DQO	(g/litro)	35	35	35
Biodigestor com eficiência considerada de 65%	kg DQO/dia	7.549	9.326	11.069
Volume CH ₄	(m ³ /ano) x 10 ³	9.644	1.191	1.414
	(m ³ /dia)	2.642	3.264	3.874
Volume Biogás	(m ³ /ano) x 10 ³	1.483	1.832	2.175
	(m ³ /dia)	4.064	5.025	5.960
Geração de Energia Elétrica	MW/dia	5,284	6,528	7,748
	kW/hora	220,16	272,0	323,0
Cogeração Térmica Motor VW AP 2.000	Mcal/dia	3.251,3	4.020	4.768
	Mcal/hora	135,4	167,5	198,6
Geração de Energia Térmica	(Mcal/dia)	14.531	17.952	21.307
	(Mcal/hora)	605,458	748	887,8
Geração de Energia Térmica	(Mjoule/dia)	19.022	23.500	27.907
	(Mjoule/hora)	792,57	979,2	1.162,8
Geração de Energia Térmica	kBTU/dia	18.029	22.274	26.450
	kBTU/hora	751,21	928,1	1.102,0

Equivale a seguinte comparação:

• Considerando o consumo médio mensal de uma residência de 300 kW. Com a capacidade de geração diária desta fictícia estação de tratamento descentralizado, poderemos abastecer entre 528 a 774 residências, para tratamento de 170.000m³/ano e 250.000m³/ano respectivamente.

5.5 – Nutrientes disponíveis na Bacia Hidrográfica

Conforme o anexo I, encontramos o percentual de nitrogênio, fósforo e potássio para cada densidade de esterco suíno. Dados retirados do Estudo sobre Qualidade do Adubo Suíno, produzido por SCHERER (2001) no laboratório do CEPAF/EPAGRI-Chapecó.

Utilizando-se as vazões dos dejetos gerados, podemos estimar o volume de nitrogênio, fósforo e potássio disponíveis nestes dejetos.

Exemplificando, considerando a vazão de 170.000 m³ de dejetos/ano, com densidade de 1.040kg/m³ e teor de matéria seca (MS) de 8,47% teremos o equivalente anual de 1.106,7 toneladas de Nitrogênio (N-total), 1.028,5 toneladas de Fósforo (P₂O₅-total), 510 toneladas de Potássio (K₂O₅-total), 606,9 toneladas de Nitrogênio (N-mineral) e 304,3 toneladas de Potássio (P₂O₅-mineral).

Sendo a área disponível para a aplicação de dejetos de 3.536 há, composta por 18% culturas anuais e 50% pastagens. Considerando a aplicação de 50 m³ há/ano, conforme a legislação ambiental permite, temos a possibilidade de distribuição de 176.800 m³ de dejetos por ano.

Para uma taxa de ocupação baixa, com 55.000 animais alojados, os volumes de dejetos encontram-se no limite aceitável. Contudo, considerando um alojamento de 69.000 animais, gerando um total de 210.000m³ de dejetos, teremos um excedente de 33.200m³/ano, ou aproximadamente 19%. Para uma ocupação total das granjas, com alojamento de 83.000 animais, o excedente de dejetos seria de 41%, totalizando 73.200m³/ano.

Tabela 18 – Resultados do Balanço de Nutrientes e área disponível de aplicação

Fonte Consulta	EPAGRI (2000)	LAC (2006)	Capacidade Total Ociosa	Fatma (2004)
Animais alojados	55.000	69.000	83.000	Limite Aceitável (distribuição 50m ³ /há.ano)
Volume efluente ano	170.000 m ³	210.000 m ³	250.000 m ³	176.800 m ³
N-t (toneladas)	1.106,7	1.367,1	1.627,5	1.150,968
P ₂ O ₅ -t (toneladas)	1.028,5	1.270,5	1.512,5	1.069,64
K ₂ O-t (toneladas)	510	630	750	530,4
N-m (toneladas)	606,9	749,7	892,5	631,17
P ₂ O ₅ -m (toneladas)	304,3	375,9	447,5	316,47
Excedente	- 3,8	19%	41%	-

6. CONCLUSÕES

A pouca reciclagem dos resíduos, a proximidade das granjas das margens dos rios e córregos, a declividade acentuada, a tipologia do solo, o uso antrópico do solo, a precariedade das instalações de tratamento de dejetos e a falta de acesso a tecnologia para tratar e distribuir os dejetos na lavoura constituem as principais causas da potencialidade na poluição da área em estudo.

Dada a intensa produção de suínos na região de Braço do Norte, a quantidade de dejetos produzidos é maior do que a demanda para a adubação orgânica das áreas agrícolas próximas. Existe um excedente considerável de 41%, quando as granjas operam na totalidade, sendo que na maioria das propriedades não tem destino adequado dos dejetos. Temos que 47% do volume total de dejetos estão armazenados em desacordo com a legislação ambiental, estão próximo da rede de drenagem com distâncias abaixo dos 30 metros.

Verificamos o potencial expressivo de geração de energia, ocioso na sub-bacia hidrográfica do Rio Coruja/Bonito, com projeção da capacidade instalada que varia de 5,2 MW a 7,7 MW para tratamento descentralizado. Considerando uma residência padrão com consumo de 300KW/mês, pode-se alimentar entre 528 até 774 residências com a energia gerada. Para o tratamento centralizado a capacidade instalada pode variar de 9,7MW a 14,3MW, podendo fornecer energia elétrica para um conjunto de residências que varia de 970 a 1.430 residências.

A utilização de biodigestores para tratamento de dejetos animais pode conduzir a propriedade rural a sustentabilidade. Pois, a preservação ambiental torna-se garantida com a preservação dos recursos hídricos e a captura de gases de efeito estufa para a utilização em processos de aquecimento ou geração de energia elétrica. A meta de sustentabilidade econômica mostra-se relacionada com a alta qualidade do biofertilizante gerado no processo, desta forma, substituímos a adubação química realizada no preparo das culturas vegetais. A sustentabilidade social mostra-se relacionada com a permanência destes produtores no campo, devido à disponibilidade de energia, fertilizante e eliminação de moscas e cheiro desagradável.

Aplicando-se manejo adequado e tecnologia apropriada, obtemos a melhor eficiência produtiva, redução de custos, aumento da oferta de produtos e conservação do meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENE, Agência para energia (2003) **Estudo de viabilidade do tratamento centralizado de resíduos agro-pecuários no Conselho de Montemor-o-Novo**. Relatório Final, projeto PIGS – Projeto Integrado para Gestão de Suinoculturas, financiado através do Programa LIFE - Ambiente, 164pg.

ALVES, R.G.C.M. (2007) **Tratamento e valorização de dejetos da Suinocultura através de processos anaeróbios – operação e avaliação de diversos reatores em escala real**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGA, UFSC. Florianópolis/SC.

AVELLAR, L.H.N. **A valorização dos Subprodutos Agroindustriais visando a Cogeração e redução da poluição ambiental**. Tese de Doutorado, UNESP, 2001.

BELLI F°, P. **Stockage e odeurs des dejections animales, cãs du lisier de porc**. Thèse de Doctorat de L'Univesrsité de Rennes I. France. 1995.

BELLI F°, P; COSTA, R. H. R.; SOARES, S. R.; CASTILHOS JR., A. B. PERDOMO, C.C. **Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V. 5, nº 1, 166 - (2001)

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNA/> Acesso em: 29 fev. 2008.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 2008**. Disponível em: <http://www.ben.epe.gov.br/PNE/> Acesso em: 12 set. 2008.

CHERNICHARO, C. A L. **Reatores Anaeróbios. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**, Vol. 5. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG. Belo Horizonte, 1997.

COSTA, D. F. da. **Geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento de esgoto**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

COUTINHO, C.I. (2001) **Planejamento para o manejo de dejetos suínos. Estudo de caso: Bacia dos Fragosos, Concórdia/SC**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGA, UFSC. Florianópolis/SC.

DA SILVA, A. P. (2000) **Diagnóstico sócio econômico e ambiental – Aspectos sobre a sustentabilidade da suinocultura na bacia Hidrográfica de Fragosos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGA, UFSC. Florianópolis/SC, 180 p.

DE OLIVEIRA, M. R.; (2007) **Biossistemas Integrados a Suinocultura. Dossiê Técnico – Instituto de Tecnologia do Paraná.** 61p. Curitiba/PR.

DIESEL, R. (2002) **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. Boletim Informativo de Pesquisa – BIPERS.** EMBRAPA Suínos e Aves e Extensão, nº 14, 30p. EMATER/RS.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Diagnóstico das propriedades suinícolas da área de abrangência do Consórcio Lambari, SC:** relatório preliminar. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Biogás: independência energética do Pantanal Mato-Grossense.** *Embrapa*. 1981. 53p. (Circular Técnica n 9).

EPAGRI/CIRAM. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. **Inventário das Terras da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito. Município de Braço do Norte, SC,** 2000.

FIGUEIRAS, A. P. – EPAGRI. **A suinocultura na microbacia do Rio Coruja/Bonito em Braço do Norte na busca da sustentabilidade - PNMAII –** 2003. 22 folhas, monografia de especialização em Desenvolvimento Rural da Universidade Chapecó - UNOCHAPECÓ

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS / CETEC, **Estado da arte da digestão anaeróbica.** Belo Horizonte, 1982, 100pág.

FURTADO, J. G. de M. **Entrevista com Dr. Sc. do Departamento de Tecnologias Especiais do CEPEL (Eletrobrás).** 2008 - Disponível em:<<http://www.brasilh2.com.br/prtlh2/entrevista.asp?id=14>>. acesso 18/03/2009).

GASPAR, R. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais, com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo – PR.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GIROTTI, A.F. **Análise da viabilidade econômica de diferentes tipos e tamanhos de biodigestores em uso na região do Alto Uruguai Catarinense, a nível de propriedade rural.** 1989. 109p. Dissertação - Faculdade de Ciências Econômicas - UFRGS.

GOSMANN, H. A. **Estudos comparativos com bioesterqueira e esterqueira para armazenamento e valorização dos dejetos de suínos.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

GUSMÃO, M. M. F. C. C.; **Produção de biogás em diferentes sistemas de criação de suínos em Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGA, UFSC. Florianópolis/SC (2008).

HADLICH, G. M.; **Poluição Hídrica na bacia do rio Coruja-Bonito (braço do Norte/SC) e suinocultura: uma perspectiva sistêmica.** Tese (Doutorado em Geografia), UFSC. Florianópolis/SC (2004).

HENN, A.; **Avaliação de dois sistemas de manejo de dejetos em uma propriedade produtora de suínos – condição de partida.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGA, UFSC. Florianópolis/SC (2005).

MASSOTTI, Z. **Viabilidade técnica e econômica do biogás a nível de propriedade.** Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis – Treinamentos 2002. Concórdia: Embrapa suínos e Aves, 2002.

MEDRI, W. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos.** 1997. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

MIRANDA, C. R. **Avaliação de estratégias para sustentabilidade da suinocultura.** Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

OLIVEIRA, P. A. V. de, et al, **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1993. 188p.

OLIVEIRA, P. A. V. de, OTSUBO, C. S. **Sistema simples para produção de biogás com o uso de resíduos de suínos e aves.** Gerenciamento Ambiental, v.4, n.19, 2002.

OLIVEIRA, P. A. V. de, et al, **Produção e aproveitamento do biogás. Tecnologias para o manejo e resíduos na produção de suínos – Manual de Boas Práticas.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. p 43–55. Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II; Projeto de Controle da Degradação Ambiental Decorrente da Suinocultura em Santa Catarina – Convênio nº 2002CV000002.

OLIVEIRA, P. A. V. de, **Projeto de Biodigestor e Estimativa da Produção de Biogás em Sistema de Produção.** Comunicado Técnico 417, Embrapa Suínos e Aves. Concórdia – SC, 2005. 8 p.

OLIVEIRA, P. A. V. de, HIGARASHI, M. M. **Geração e utilização do biogás em unidades de produção de suínos.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 41 p. Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II; Projeto de Controle da Degradação Ambiental Decorrente da Suinocultura em Santa Catarina.

PALHARES, J.C.P.; MASSOTTI, M.; DE SOUZA, L.D. **Utilização de indicadores para avaliar a receptividade de propriedades ao processo de biodigestão anaeróbia.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 22p. (Embrapa Suínos e Aves. Boletim Técnico 3).

PEDRINI, J. L. **Percepção da problemática ambiental resultante da atividade suinícola das comunidades Lageado Fragoso e Rio Coruja/Bonito.** Florianópolis/SC, 2006f. Dissertação Mestrado - UFSC-CTC-PGEA (2005).

PERGHER, G. D. **Purificação de biogás.** Reunião Técnica sobre Biodigestores para Tratamento de Dejetos de Suínos e Uso de Biogás (Anais). Embrapa Suínos e Aves, Documentos 106, Concórdia – SC, 2006.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I.T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da Região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante.** EPAGRI, Florianópolis, 1996, 46p. (EPAGRI, Boletim Técnico, 79).

SCHERER, E. E.; **Aproveitamento do esterco de suínos como fertilizante.** CEPAP / EPAGRI, Chapecó, 2001.

SGANZERLA, Edílio. **Biodigestores: uma solução.** Porto Alegre. Agropecuária, 1983.

SOUZA, S. N. M. de et al. **Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura.** Acta Scientiarum Technology, V. 26, nº 2, p. 127 – 133, Maringá, 2004.

TAFFAREL, Elvys. **Estimativa de poluição por dejetos suínos na sub-bacia hidrográfica do Rio Coruja/Bonito – município de Braço do Norte/SC.** Relatório do Estágio de Conclusão do Curso de Agronomia – CCA/UFSC, 2001. Mimeo

TRESOESTE – **Tratamento de Resíduos e Efluentes Suinícolas do Oeste S.A** Disponível em : <www.adp.pt> Acesso 18/03/2009).

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE.

Approved Baseline and Monitoring Methodologies.

Disponível em <<http://cdm.unfccc.int/methodologies/approved>>. Acesso em: setembro 2008.

VIEIRA, V. F.; **Estimativa de Perdas de Solo por erosão hídrica em uma sub-bacia Hidrográfica.** Florianópolis/SC, Mestrado - UFSC-CTC-PGECV (2008).

VIEIRA, V. F. – EPAGRI. **Mapeamento do risco da poluição suinícola em águas superficiais como subsídio ao ordenamento territorial.** 2007, tese 248p.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M.; OLIVEIRA, P. A. de (1995) **Tecnologias de Manejo e Tratamento de Dejetos Suínos Estudadas no Brasil.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, v.22, n3, p. 651-665, set/dez. Brasília/DF.

ZAGO, S. Potencialidade de produção de energia através do biogás integrada à melhoria ambiental em propriedades rurais com criação intensiva de animais, na região do Meio Oeste Catarinense. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2003. 90 p.

FATMA, Instrução Normativa NR-11 (2004).

8. ANEXOS

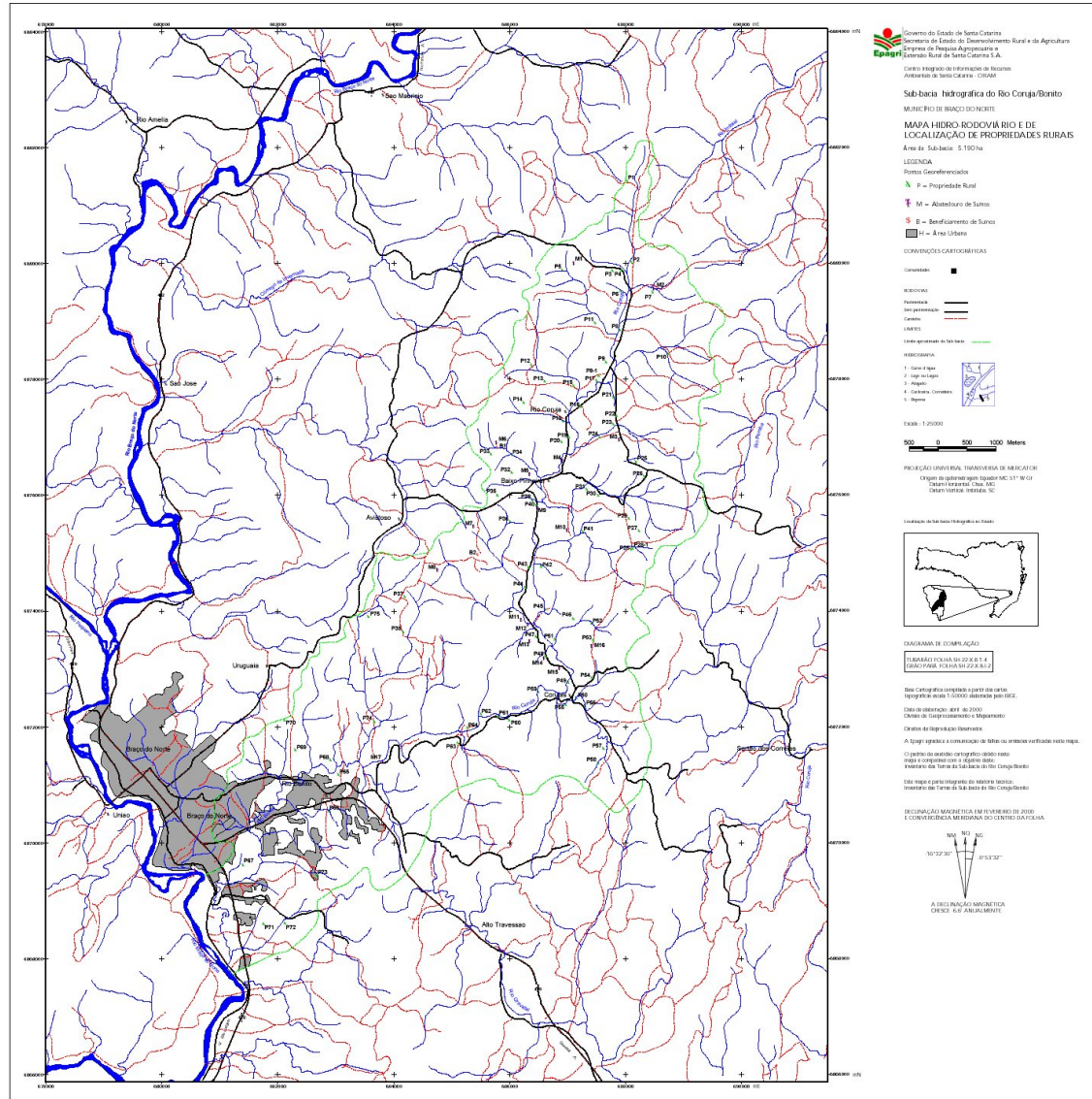
ANEXO I

Tabela – Estimativa dos teores de matéria seca (**MS**), **N-total**, **P₂O₅-total**, **K₂O₅-total**, **N-mineral** e **P₂O₅-mineral** no esterco líquido de suínos, em função da sua densidade.

DENSIDADE (kg/m³)	MS (%)	N-t (Kg/m³)	P₂O₅-t (Kg/ m³)	K₂O-t (kg/m³)	N-m (Kg/m³)	P₂O₅-m (kg/m³)
1.010	1,63	1,91	1,45	1,13	1,25	0,53
1.012	2,09	2,21	1,75	1,25	1,40	0,61
1.014	2,54	2,52	2,06	1,38	1,56	0,69
1.016	3,00	2,83	2,37	1,50	1,71	0,78
1.018	3,46	3,13	2,68	1,63	1,87	0,86
1.020	3,91	3,44	2,99	1,75	202	0,95
1.022	4,37	3,75	3,29	1,88	2,18	1,03
1.024	4,82	4,06	3,60	2,00	2,33	1,12
1.026	5,28	4,36	3,91	2,13	2,49	1,20
1.028	5,74	4,67	4,22	2,25	2,64	1,29
1.030	6,19	4,98	4,53	2,38	2,80	1,37
1.032	6,65	5,28	4,84	2,50	2,95	1,46
1.034	7,1	5,59	5,14	2,63	3,11	1,54
1.036	7,56	5,9	5,45	2,75	3,26	1,62
1.038	8,02	6,21	5,76	2,88	3,42	1,71
1.040	8,47	6,51	6,05	3,00	3,57	1,79
1.042	8,97	6,82	6,38	3,13	3,73	1,88
1.044	9,39	7,13	6,68	3,25	3,88	1,96
1.046	9,84	7,43	6,97	3,38	4,04	2,05
1.048	10,3	7,74	7,27	3,50	4,19	2,13
1.050	10,75	8,05	7,58	3,63	4,35	2,22
1.052	11,21	8,36	7,89	3,75	4,50	2,30
1.054	11,67	8,66	8,19	3,88	4,66	2,39
1.056	12,12	8,97	8,50	4,00	4,81	2,47
1.058	12,58	9,28	8,81	4,13	4,97	2,56
1.060	13,03	9,59	9,12	4,25	5,12	2,64
Densímetro (aerômetro) ARBA com valores entre 1.000 a 1.100 kg/m ³ Calibrado para amostras com temperatura entre 15 e 20 °C. Fonte: (SCHERER, 2001) CEPAF/EPAGRI; Artigo técnico sobre método para análise do esterco suíno.						

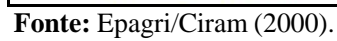
ANEXO II

Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito em Braço do Norte / SC. Localização das propriedades rurais, abatedouros e frigoríficos.



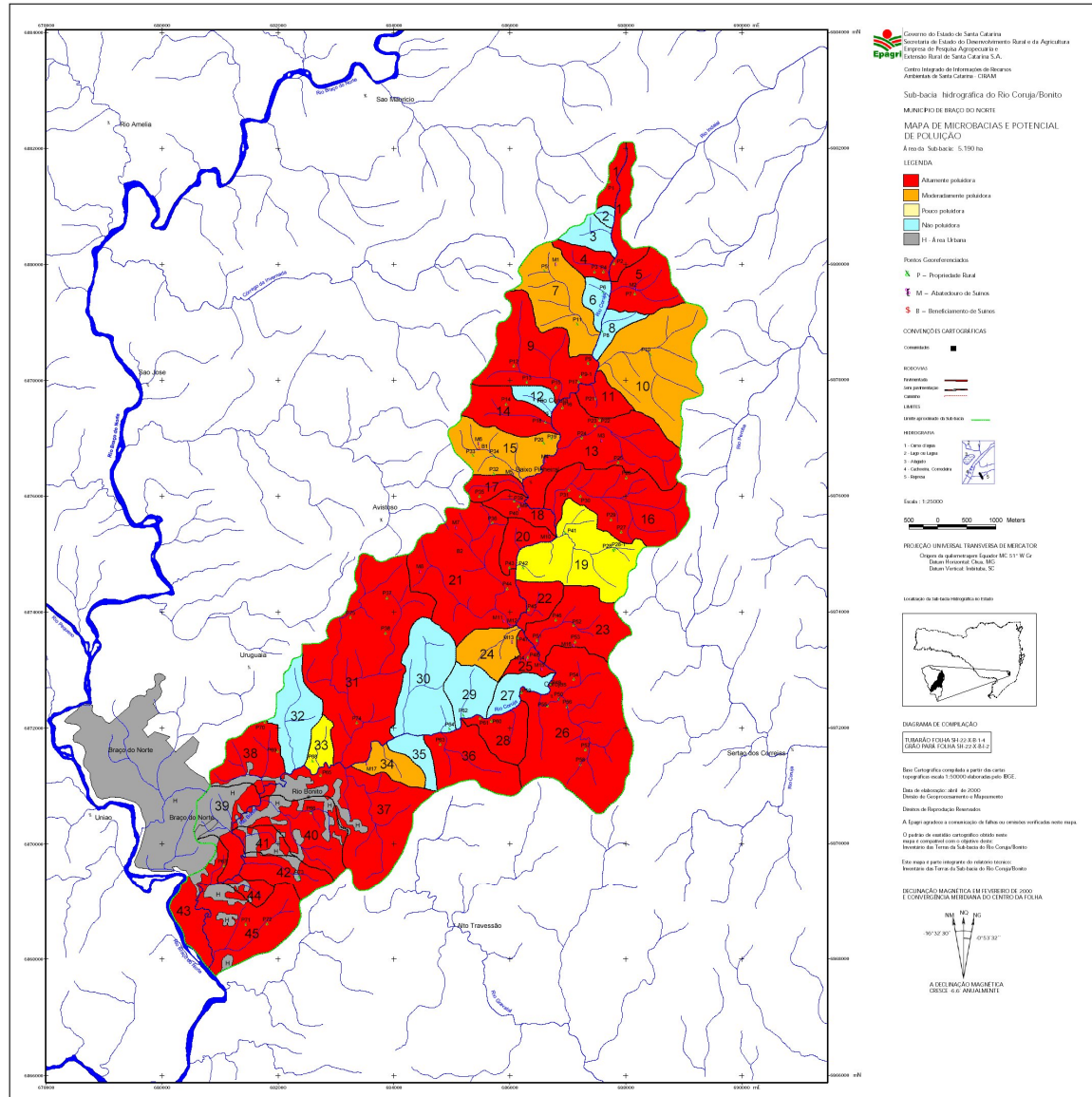
Fonte: Epagri/Ciram (2000).

**Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito em Braço do Norte / SC.
Mapa Fisiográfico**



ANEXO IV

Bacia Hidrográfica do Rio Coruja/Bonito em Braço do Norte / SC. Áreas de risco ambiental, referentes às propriedades rurais.



Fonte: Epagri/Ciram (2000).